



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

**ANÁLISE DAS CONCENTRAÇÕES DE METAIS PESADOS NA ÁGUA E  
SEDIMENTO DO RIO SERGIPE (SE)**

**LAÍS AZEVEDO DA COSTA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

SÃO CRISTÓVÃO - SE

2018

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

**LAÍS AZEVEDO DA COSTA**

**ANÁLISE DAS CONCENTRAÇÕES DE METAIS PESADOS NA ÁGUA E  
SEDIMENTO DO RIO SERGIPE (SE)**

ORIENTADORA: Profa. Dra. Adriane Machado

BANCA EXAMINADORA:

Profa. Dra. Adriane Machado

Profa. Dra. Aracy Sousa Senra

Geóloga Rebeca Monteiro de Castro Tavares Figueiredo

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Departamento de  
Geologia (DGEOL) da Universidade  
Federal de Sergipe – UFS com a  
finalidade de formação no curso de  
Bacharel em Geologia.

SÃO CRISTÓVÃO – SE

2018

LAÍS AZEVEDO DA COSTA

**ANÁLISE DAS CONCENTRAÇÕES DE METAIS PESADOS NA ÁGUA E  
SEDIMENTO DO RIO SERGIPE (SE)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Geologia como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Geologia da Universidade Federal de Sergipe, submetido à Banca Examinadora.

---

Profa. Dra. Adriane Machado  
Orientadora – UFS

---

Profa. Dra. Aracy Sousa Senra  
Membro Interno - UFS

---

Geóloga Rebeca Monteiro de Tavares Figueiredo  
Membro Externo

Data de apresentação pública: 02 de outubro de 2018.

## **DEDICATÓRIA**

Aos meus pais e família.

## AGRADECIMENTOS

Chegou a tão esperada hora de concluir mais um ciclo em minha vida, o momento esperado tanto por mim quanto por todas as pessoas que fazem parte dela e por isso não poderia deixar de conceder a minha sincera gratidão aqui. Primeiramente a Deus e ao Universo que me permitiu escolher a Geologia e que principalmente tornou isso uma realidade para mim.

Agradeço aos meus pais, Jorge e Rosângela, por me apoiaram nessa longa jornada e por sempre estarem ao meu lado me dando todo o suporte e condições para realizar o meu sonho. Um sonho que não era só meu, mas deles também. À minha irmã, Thainá, e a todos os meus familiares que perguntavam “E a faculdade, como está?”, “Termina quando?” e que também sempre estiveram na expectativa de formar a Geóloga da família.

Agradeço a todos os meus professores, desde o infantil ao ensino médio, pois estes foram a base da minha educação e aprendizado. Em especial a profa. Mirtes, Marília, Marcelo (*in memoriam*), Renir, Anita, Verônica e Alaene (*in memoriam*). Além desses, agradeço a todos os professores do curso de Geologia da UFS, responsáveis por esta formação. Agradeço a cada um que se dedicou e se dedica a cada dia afim de habilitar e formar profissionais capacitados para a área de trabalho.

Agradeço especialmente à minha orientadora, profa. Adriane, pois foi mais do que uma professora durante o curso, um exemplo a ser seguido como professora e profissional. Gratidão por todo o aprendizado nas disciplinas de Petrologia Ígnea e Metamórfica e pelo suporte antes e durante este Trabalho de Conclusão de Curso.

Não poderia esquecer dos amigos e colegas que fiz durante esta trajetória: Rebeca, Débora, Thainá, Fernando, Breno, Roger, João Paulo (também te amo!), obrigada por todas as resenhas, todos os estudos, todos os desesperos e todas as aprovações sofridas! Às minhas amigas e irmãs de vida: Yris, Letícia, Allana, Jéssica, Karine, Tamires, só tenho a agradecer por toda a força e companheirismo. Agradeço a todos que não pude citar, mas também me acompanharam e fizeram parte dessa jornada.

## **EPÍGRAFE**

“Não confunda derrotas com fracasso nem vitórias com sucesso. Na vida de um campeão sempre haverá algumas derrotas, assim como na vida de um perdedor sempre haverá vitórias. A diferença é que, enquanto os campeões crescem nas derrotas, os perdedores se acomodam nas vitórias.”

Roberto Shinyashiki

## RESUMO

O presente trabalho apresenta a avaliação da qualidade da água do Rio Sergipe, que atravessa todo o Estado de Sergipe. Amostras de água e sedimento foram coletadas em quatro pontos ao longo do rio, desde a área proximal de sua nascente (área rural), até a área proximal de sua desembocadura (área urbana). Os pontos de coleta estão localizados nas cidades de São Miguel do Aleixo, Santa Rosa de Lima, na divisa entre Laranjeiras e Maruim e em Aracaju. As análises realizadas visaram obter as concentrações de metais pesados como cádmio (Cd), cromo (Cr), cobre (Cu), chumbo (Pb) e níquel (Ni) na água e cobre (Cu), manganês (Mn) e zinco (Zn) no sedimento. Os parâmetros físico-químicos como pH, cloretos, dureza total, cor aparente também foram analisados na água. Os valores das análises foram comparados com os limites individuais de aceitação estabelecidos pelo Ministério da Saúde, para cada parâmetro de qualidade da água e do sedimento. Os valores de pH (entre 7 e 8,5) e cor aparente (entre 3 e 23) estão dentro do padrão permitido. A dureza e cloretos na água ultrapassam o valor máximo permitido em todos os pontos de coleta, sendo classificada como salobra. As variações obtidas nos valores dos metais pesados para a água do rio apontam contaminação nos pontos de coleta, dando ênfase ao ponto P4 onde os valores de cádmio (0,03 mg/L), chumbo (0,51 mg/L) e níquel (0,43 mg/L) são bastante elevados em comparação com o padrão permitido pelo CONAMA (0,001 mg Cd/L, 0,01 mg Pb/L e 0,025 mg Ni/L). As análises das concentrações de metais pesados obtidas no sedimento do rio indicam que não existem contaminações nos pontos de coleta. Este trabalho é uma contribuição para o monitoramento mais efetivo, dos níveis de contaminação por metais pesados na água e no sedimento no Rio Sergipe. Os dados obtidos podem ser utilizados no controle e melhoria da gestão ambiental local e regional.

**Palavras chaves:** Água, Sedimento, Metais Pesados, Rio Sergipe.

## ABSTRACT

The present work presents the evaluation of *Sergipe* River water quality that cuts all the Sergipe State. Water and sediment samples were collected at four points along the river, from proximal source area (countryside area) to proximal mouth river (urban area). The collection points are localized at *São Miguel do Aleixo*, *Santa Rosa de Lima*, *Aracaju* cities and on the *Laranjeiras* and *Maruim* cities border. The realized analyses aimed to obtain the heavy metals concentrations as cadmium (Cd), chromium (Cr), copper (Cu), lead (Pb) and nickel (Ni) in water and copper (Cu), manganese (Mn) and zinc (Zn) in the sediment. The pH, chlorides, total hardness, apparent colour physical-chemical parameters were also analysed in the water. The values of analyses were compared with the individual acceptance limits established to the Health Ministry for each parameter of water and sediment quality. The water pH (between 7 and 8.5) and apparent colour (between 3 and 23) are within permitted standard. The hardness and chlorides in the water exceed the maximum value allowed in all collection points and the water is classified as brackish. The variations obtained in the heavy metals values to the river water indicate contamination at the collected points, emphasizing the P4 point, where the cadmium (0,03 mg / L), lead (0,51 mg / L) and nickel (0.43 mg / L) values are quite high compared to the standard allowed by CONAMA (0.001 mg Cd / L, 0.01 mg Pb / L and 0.025 mg Ni / L). The heavy metals concentrations obtained to the river sediment indicate that there are no contaminations at the collected points. This work is a contribution to the more effective monitoring of water and sediment contamination levels by heavy metals in the *Sergipe* River. The obtained data can be used to control and improve the local and regional environment management.

**Keywords:** Water, Sediment, Heavy Metals, Sergipe River.



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Mapa indicando os limites das Bacias Hidrográficas de Sergipe (SEMARH, 2016) .....	17
<b>Figura 2</b> – Amostras de água coletadas e levadas para análise.....	20
<b>Figura 3</b> – Mapa do Rio Sergipe, indicando os pontos de coleta, as rodovias estaduais e federais do Estado de Sergipe e os limites das cidades onde as coletas foram efetuadas. (SRH, 2004).....	21
<b>Figura 4</b> – Rota utilizada para chegar ao ponto de coleta P1, entre as cidades de São Miguel do Aleixo e Feira Nova (Fonte: <i>Google Maps</i> ).....	22
<b>Figura 5</b> – Rota de acesso ao ponto de coleta P2 localizado no município de Santa Rosa de Lima, saindo do ponto de coleta P1. (Fonte: <i>Google Maps</i> ).....	23
<b>Figura 6</b> – Rota de acesso ao ponto de coleta P3, localizado entre os municípios de Laranjeiras e Maruim. (Fonte: <i>Google Maps</i> ).....	24
<b>Figura 7</b> – Rota de acesso para chegar ao ponto de coleta P4, localizado na Orlinha do Bairro Industrial, na cidade de Aracaju. (Fonte: <i>Google Maps</i> ).....	25
<b>Figura 8</b> - Mapa da bacia hidrográfica do Rio Sergipe com as unidades estratigráficas (SRH, 2004).....	31
<b>Figura 9</b> – A: Vista panorâmica do Rio Sergipe no ponto de coleta P1. B: Local de coleta do ponto P1a, boca do bueiro. C: Ilha no leito do rio onde foi realizada a coleta do ponto P1b. Neste ponto, observa-se material residual.....	33
<b>Figura 10</b> – A: Vista panorâmica do Rio Sergipe no ponto de coleta P2. B: Vista da margem esquerda do rio. C: Ponto de coleta da água e do sedimento, destacando os seixos no percurso do rio e a transparência da água.....	34
<b>Figura 11</b> – A: Imagem panorâmica do ponto de coleta. B: Local utilizado para guardar as canoas. C: Imagem da FAFEN no outro lado do rio. ....	35
<b>Figura 12</b> – A: Imagem panorâmica do ponto de coleta P4, na Orlinha do Bairro Industrial em Aracaju. B: Local da coleta. ....	36

<b>Figura 13</b> – Valores de pH nas amostras de água coletadas no Rio Sergipe em comparação ao permitido pela Resolução nº 357/2005 do CONAMA. Traço preto – valor mínimo, traço vermelho – valor máximo.....	54
<b>Figura 14</b> – Valores de cor aparente nas amostras coletadas em comparação ao limite permitido pela Resolução nº 357/2005 do CONAMA.....	55
<b>Figura 15</b> – Valores de dureza total nas amostras coletadas em comparação ao permitido pela Resolução nº 357/2005 do CONAMA.....	56
<b>Figura 16</b> – Valores de cloretos nas amostras de água coletadas no Rio Sergipe em comparação ao permitido pela Resolução nº 357/2005 do CONAMA.....	57
<b>Figura 17</b> – Valores de metais pesados obtidos nas amostras de água coletadas no Rio Sergipe, pelo método de absorção atômica (AAS).....	59
<b>Figura 18</b> – Valores das concentrações dos metais pesados nas amostras de sedimento coletadas do Rio Sergipe.....	61

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Bacias hidrográficas pertencentes ao Estado de Sergipe relacionadas com a área ocupada no território. (SEMARH, 2016).....	18
<b>Tabela 2</b> – Tabela com a geologia local relacionando o domínio, grupo e formação e suas respectivas idades de formação segundo TEXEIRA et al., 2014.....	30
<b>Tabela 3</b> – Padrão de potabilidade para substâncias que apresentam risco à saúde humana – Componentes inorgânicos (Portaria MS nº 518/2004).....	39
<b>Tabela 4</b> – Padrão de aceitação para o consumo humano (Portaria MS nº 518/2004).....	40
<b>Tabela 5</b> – Valores permitidos para água das Classes 1 e 2 (Resolução nº 357/2005 do CONAMA), conforme os parâmetros analisados neste trabalho.....	42
<b>Tabela 6</b> – Valores permitidos para água de Classe 3 referentes aos parâmetros estudados nesse trabalho, segundo a Resolução nº 357/2005 do CONAMA.....	42
<b>Tabela 7</b> – Valores de pH para as amostras de água coletadas no Rio Sergipe.....	53
<b>Tabela 8</b> – Valores da cor aparente para as amostras de água coletadas no Rio Sergipe.....	54
<b>Tabela 9</b> – Valores de dureza total para as amostras de água coletadas no Rio Sergipe.....	55
<b>Tabela 10</b> – Valores de cloretos para as amostras coletadas no rio Sergipe.....	56
<b>Tabela 11</b> – Salinidade da água com base nos cloretos. 1 ppm = 1 mg/L.....	57
<b>Tabela 12</b> – Valores de metais pesados permitidos para as classes 1 e 2 (Resolução nº 357/2005 do CONAMA).....	58
<b>Tabela 13</b> – Valores permitidos para o cobre, o manganês e o zinco no sedimento (Resolução nº 420/2009 do CONAMA e <i>National Oceanic and Atmospheric Administration</i> (NOAA)).....	60

## **LISTA DE SIGLAS**

AAS – Espectrometria por Absorção Atômica

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

ITPS – Instituto de Tecnológico e de Pesquisas do Estado de Sergipe

MS – Ministério da Saúde

NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration

PET – Polietileno tereftalato

PPM – Parte por milhão

SMEWW – Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

VMP – Valor máximo permitido

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO I</b>	<b>15</b>
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>16</b>
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>18</b>
2.1.    OBJETIVO GERAL .....	18
2.2.    OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
<b>3. MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>19</b>
3.1.    TRABALHO DE CAMPO.....	19
3.2.    COLETA DE ÁGUA E SEDIMENTO.....	19
<b>4. LOCALIZAÇÃO E ACESSO.....</b>	<b>20</b>
<b>CAPÍTULO II</b>	<b>26</b>
<b>5. CARACTERIZAÇÃO DO RIO SERGIPE.....</b>	<b>27</b>
5.1.    ASPECTOS FÍSICOS .....	27
5.2.    GEOLOGIA REGIONAL E LOCAL.....	27
5.2.1. Domínio Macururé .....	29
5.2.2. Sub-bacia de Sergipe.....	29
5.2.3. Formações Superficiais Continentais.....	29
<b>CAPÍTULO III</b>	<b>32</b>
<b>6. DESCRIÇÃO DOS PONTOS DE COLETA DE ÁGUA E SEDIMENTO.....</b>	<b>33</b>
<b>CAPÍTULO IV</b>	<b>37</b>
<b>7. ASPECTOS LEGAIS E INSTITUCIONAIS.....</b>	<b>38</b>
7.1.    PARÂMETROS DA QUALIDADE DA ÁGUA.....	43
7.1.1. pH.....	43
7.1.2. Cloretos .....	44
7.1.3. Cor Aparente.....	44
7.1.4. Dureza.....	45
7.2.    PARÂMETROS PARA METAIS PESADOS NA ÁGUA.....	46
7.2.1. Cádmio .....	46
7.2.2. Chumbo.....	47

7.2.3. Cromo.....	48
7.2.4. Cobre.....	48
7.2.5. Níquel .....	49
7.3. PARÂMETROS PARA METAIS PESADOS NO SEDIMENTO.....	49
7.3.1. Manganês.....	51
7.3.2. Zinco.....	51
<b>CAPÍTULO V</b>	<b>52</b>
<b>8. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>53</b>
8.1. Resultados dos parâmetros físico-químicos da análise de água.....	53
8.1.1. pH.....	53
8.1.2. Cor aparente.....	54
8.1.3. Dureza total.....	55
8.1.4. Cloretos.....	56
8.2. Resultados dos metais pesados na análise da água do Rio Sergipe.....	58
8.3. Resultados dos metais pesados na análise de sedimento do Rio Sergipe.....	60
<b>9. CONCLUSÃO.....</b>	<b>61</b>
<b>10.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>63</b>

# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso mineral essencial não só ao ser humano, mas a todos os seres vivos. O uso e descarte inapropriados podem causar problemas ambientais, que afetam todo o ciclo natural da vida, portanto, é de fundamental importância o controle da qualidade da água existente no nosso planeta, para que possamos detectar os impactos ambientais causados pela ação antrópica e estudar as possíveis soluções para a preservação e consumo consciente.

A preservação da água doce tem sido prioridade ao longo dos últimos anos em todo o mundo, visto que é um recurso natural não renovável e esgotável. Os rios apresentam a menor quantidade de água existente no planeta, com apenas 0,0009 %, enquanto as águas subterrâneas apresentam 0,7 % e a água do mar corresponde a 97,5 %, segundo a distribuição da água na hidrosfera (VON SPERLING, 2006). O consumo desenfreado da água doce só faz esses números serem cada vez menores, tendo ainda o fator poluição como agravante.

A qualidade da água destinada ao consumo humano direto ou indireto é uma variável importante em todo território brasileiro. Na bacia hidrográfica do Rio Sergipe, o controle da qualidade da água segue os parâmetros estabelecidos na Resolução nº 357/2005 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), atualizada pela Resolução nº 430/2011 sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes do mesmo conselho. Esta resolução é utilizada como norteador para elaboração de ações de recuperação dos mananciais e estabelece os padrões de classificação dos corpos hídricos, bem como as condições e padrões de lançamento de efluente (SERGIPE, 2014).

O controle da qualidade do sedimento de superfície também é um fator relevante. O sedimento é o produto do intemperismo e erosão das rochas, sendo transportado por corpos d'água e depositado no fundo dos rios, servindo como registro histórico das variações de intensidade da poluição em corpos hídricos (WARD, 1992; FÖRSTNER *et al.*, 1979).

Os sedimentos são capazes de acumular e redistribuir metais pesados provenientes de processos naturais ou de processos antropogênicos. Portanto, a análise da qualidade do sedimento é importante na avaliação de contaminantes e no efeito ambiental que podem causar.



O Estado de Sergipe é composto por oito bacias hidrográficas (Figura 1) denominadas de norte a sul por Bacia do Rio São Francisco, Bacia do Rio Japaratuba, Bacia do Rio Sergipe, Bacia do Rio Vaza Barris, Bacia do Rio Piauí, Bacia do Rio Real, Grupo de Bacias Costeiras 1 (GC1 – Bacia do Sapucaia) e Grupo de Bacias Costeiras 2 (GC2 – Bacia do Caueira-Abaís) (Tabela 1) (CONERH, 2015).

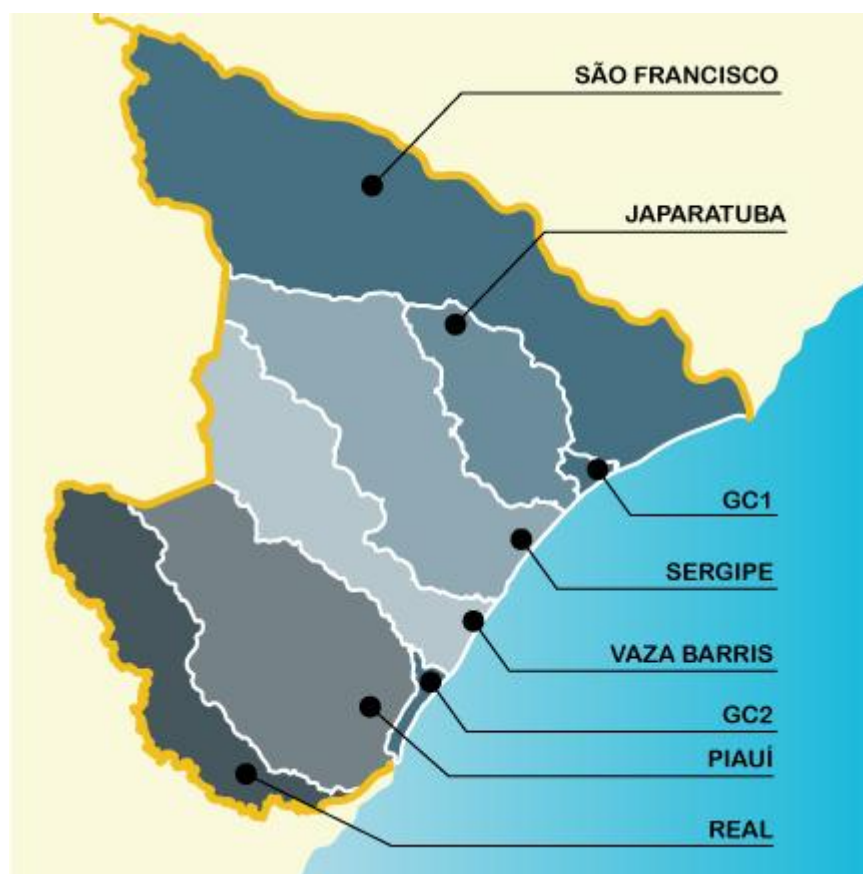


Figura 1 - Mapa indicando os limites das Bacias Hidrográficas de Sergipe. Fonte: <http://www.redeacqua.com.br/2011/03/bacias-hidrograficas-do-estado-de-sergipe/> Acesso em 18/10/2018.

Tabela 1 – Bacias hidrográficas pertencentes ao Estado de Sergipe relacionadas à área ocupada no território (Fonte: SEMARH, 2016).

<b>Bacia</b>	<b>Área Ocupada no Território Sergipano</b>
Rio São Francisco	7.276,3 km <sup>2</sup>
Rio Japaratuba	1.642,94 km <sup>2</sup>
Rio Sergipe	3.673 km <sup>2</sup>
Rio Vaza Barris	2.559 km <sup>2</sup>
Rio Piauí	4.150 km <sup>2</sup>
Rio Real	2.558 km <sup>2</sup>
Bacia Costeira do Sapucaia (GC1)	118,33 km <sup>2</sup>
Bacia Costeira Caueira-Abaís (GC2)	161,38 km <sup>2</sup>

A Bacia Hidrográfica do Rio Sergipe, foco deste trabalho, corresponde a 3.673 km<sup>2</sup> e abrange 26 municípios sergipanos. Limita-se ao norte com a Bacia do Rio São Francisco e Japaratuba e ao sul com a Bacia do Rio Vaza Barris (ALVES, 2006).

Este trabalho tem como objetivo avaliar a qualidade da água e do sedimento do Rio Sergipe em pontos distintos, visando identificar possíveis contaminantes, visto que o rio é utilizado pela população sergipana para diversos fins como recreação, pesca, irrigação de solos, dessedentação de animais e até abastecimento público segundo Alves (2006).

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. OBJETIVO GERAL**

O objetivo geral deste trabalho é a avaliação dos parâmetros físicos e químicos que interferem na qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Sergipe, desde próximo a sua nascente até a foz, que está localizada na cidade de Aracaju.

### **2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Quantificar a concentração dos parâmetros gerais da água do Rio Sergipe como cor aparente, pH, cloretos, dureza total;

- Quantificar os metais pesados presentes na água do rio;
- Determinar a concentração total de metais pesados em sedimentos superficiais do rio;
- Comparar os valores obtidos com os estabelecidos pela resolução nº: 357/2005 do CONAMA;
- Apresentar possíveis fontes de poluição;
- Avaliar a qualidade da água para os diversos usos como irrigação, consumo para humanos e animais;
- Contribuir para a elaboração de um banco de dados que servirá como ferramenta para o monitoramento da contaminação do Rio Sergipe, além de servir como base no processo de gestão de tratamento das águas.

### **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

#### **3.1. Trabalho de Campo**

O trabalho de campo foi realizado nos dias 25 e 26 de junho de 2018. Quatro pontos foram selecionados para a realização da coleta de água e sedimento, de acordo com o percurso do Rio Sergipe e acessibilidade. A escolha dos pontos de coleta foi realizada com auxílio dos programas *Google Earth* e *Google Maps*, com preferência para as localidades em que as estradas cortassem o rio.

#### **3.2. Coleta de Água e Sedimento**

Na coleta de água para análises físico-químicas e de concentração de metais pesados foram utilizados recipientes de polietileno (garrafas PET) de água mineral de 1,5 L, seguindo as recomendações de coleta do Instituto Tecnológico e de Pesquisas do Estado de Sergipe (ITPS). No momento da coleta, o recipiente foi lavado de duas a três vezes com a água do próprio rio e em seguida, a garrafa foi

submersa com a abertura para baixo, até atingir 15 cm de profundidade. A seguir, o recipiente foi inclinado para cima contra a corrente até encher por completo. As amostras foram identificadas com o ponto de coleta (Figura 2) e entregues ao Instituto Tecnológico e de Pesquisas do Estado de Sergipe (ITPS), no dia 26 de junho de 2018, às 09h00min para análises físico-química pelo método *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (SMEWW) e de metais pesados realizada pelo método de Absorção Atômica (AAS).



Figura 2 – Amostras de água coletadas e levadas para análise (Fonte: Autor).

A coleta de sedimento foi realizada nas margens do rio com profundidade de 0 a 20 cm. Aproximadamente 500 g de sedimento foi coletado em cada ponto e as amostras foram armazenadas em sacolas plásticas de 1 L. As amostras foram entregues ao Instituto Tecnológico e de Pesquisas do Estado de Sergipe (ITPS) no dia 26 de junho de 2018, às 09h00min, para análise de metais pesados pelo método Mehlich-1 por Espectrometria de Absorção Atômica (AAS).

#### **4. LOCALIZAÇÃO E ACESSO AOS PONTOS DE COLETA**

Os pontos de coleta (Figura 3) se situam ao longo do Rio Sergipe, nas cidades de São Miguel do Aleixo, Santa Rosa de Lima, na divisa entre Laranjeiras e Maruim e em Aracaju. Dois dos quatro pontos se localizam embaixo de pontes. Os outros

dois são locais frequentados e utilizados por pescadores. O acesso se dá por rodovias federais e estaduais.

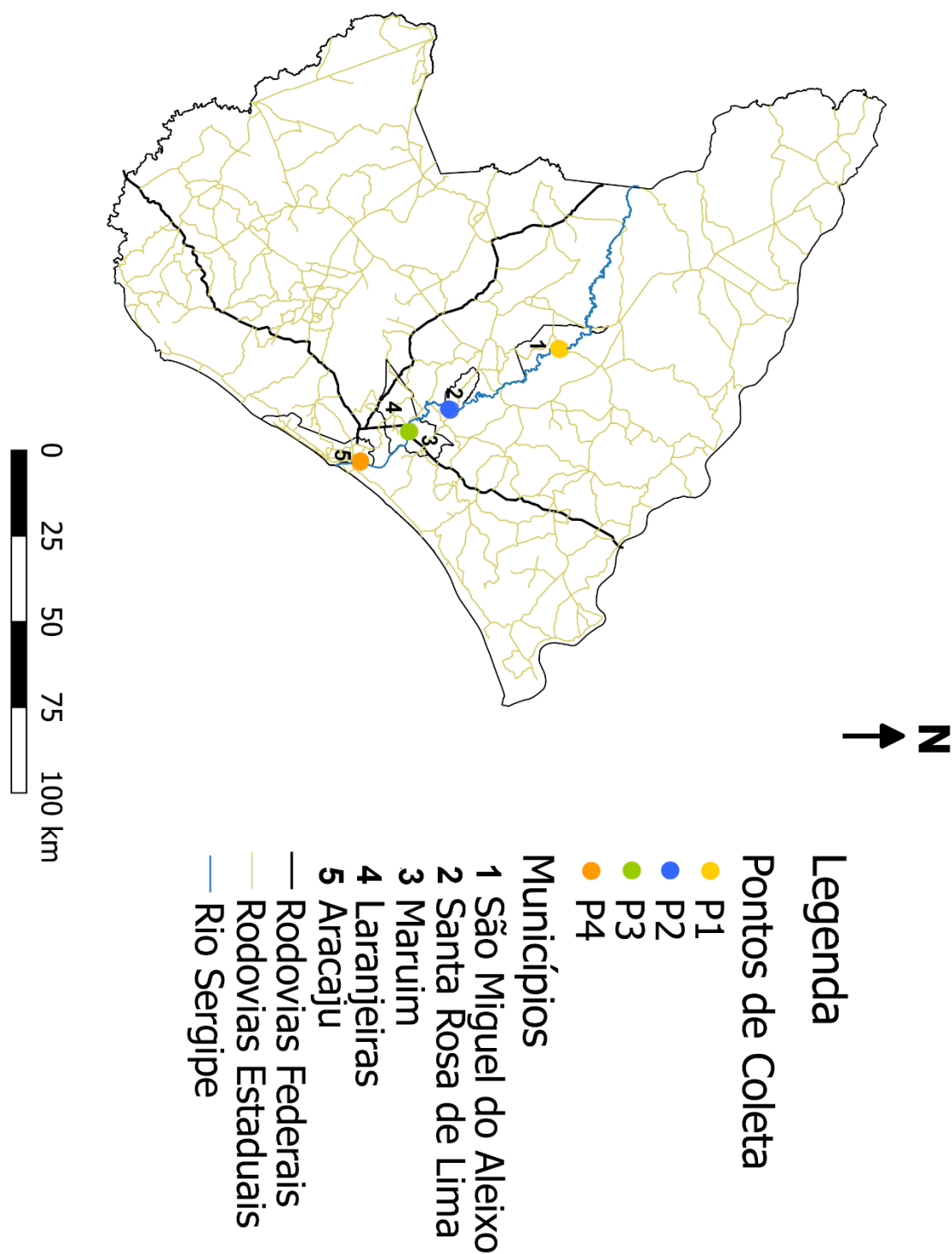


Figura 3 – Mapa do Rio Sergipe, indicando os pontos de coleta, as rodovias estaduais e federais do Estado de Sergipe e os limites das cidades onde as coletas foram efetuadas (Fonte: SRH, 2004).

- **Ponto P1**

Este ponto se situa no município de São Miguel do Aleixo, embaixo da ponte que corta a estrada vicinal SE-170, e que liga os municípios de São Miguel do Aleixo e Feira Nova. O acesso ao local, saindo da Universidade Federal de Sergipe (UFS), é viável seguindo-se pela Rodovia Marechal Cândido Rondon, até o viaduto, onde vira-se à direita para ter acesso a Av. Presidente Tancredo Neves, seguindo até próximo ao viaduto, virando à direita para o acesso a BR-235, em direção a Itabaiana. Passando a cidade de Itabaiana, segue-se pela rodovia SE-175, passando pela cidade de Ribeirópolis e de Nossa Senhora Aparecida. Nesta última, ao passar por toda a cidade, dobra-se a direita e segue-se pela SE-331, em direção a São Miguel do Aleixo. Ao atravessar a cidade, segue-se a estrada vicinal SE-170 (Figura 4), que liga São Miguel do Aleixo a Feira Nova. O ponto de coleta está entre essas cidades, localizada na ponte sobre o Rio Sergipe.

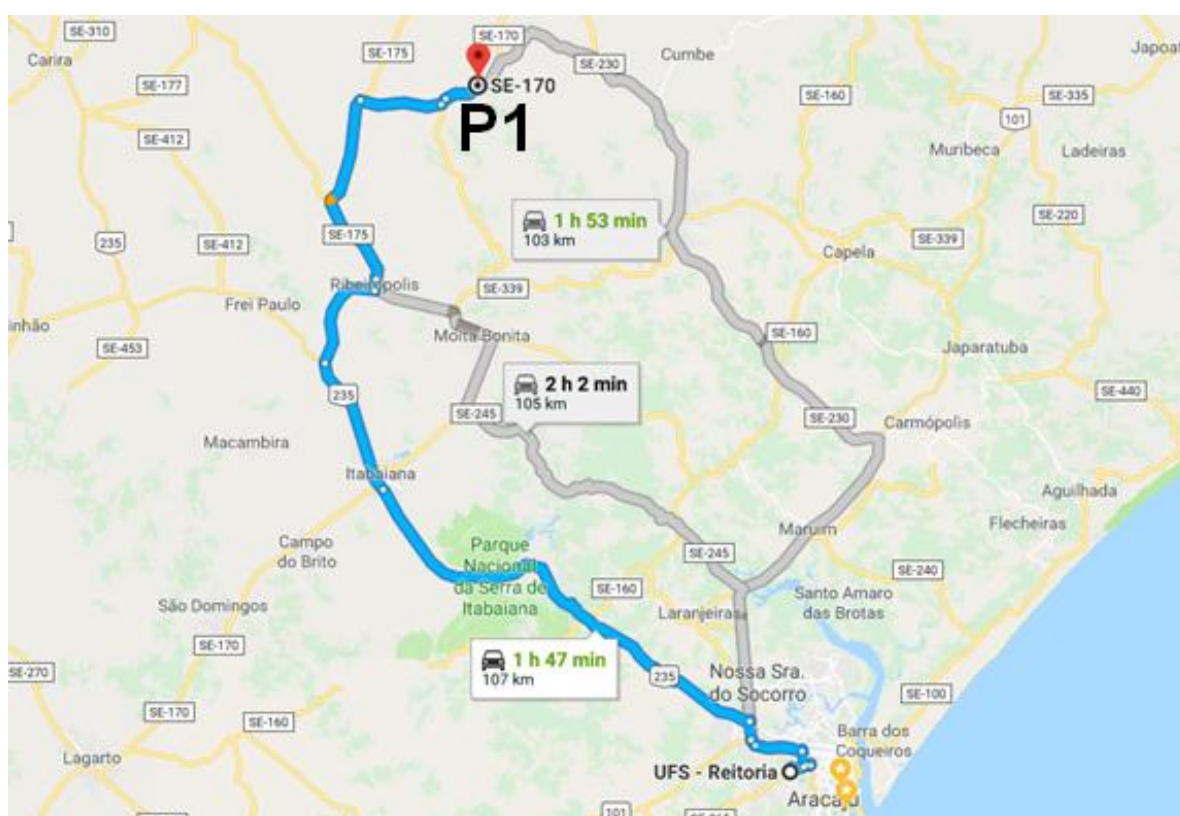


Figura 4 – Rota utilizada para chegar ao ponto de coleta P1, entre as cidades de São Miguel do Aleixo e Feira Nova (Fonte: Google Maps).



- **Ponto P2**

O ponto P2 localiza-se no município de Santa Rosa de Lima, na SE-240, que liga este município com Divina Pastora. O acesso ao local de coleta ocorre partindo-se do ponto P1, seguindo-se pela SE-170 até a cidade de Feira Nova. Então vira-se a direita e segue-se pela SE-230, passando por Nossa Senhora das Dores. Ao chegar na cidade de Siriri, dobra-se a direita, na Av. Francisco Almeida de Melo, para ter acesso a SE-160. Seguindo por essa rodovia por 16 km, vira-se a direita e continua na SE-240, em direção a Santa Rosa de Lima. Antes de chegar nesta cidade, encontra-se a ponte sobre o Rio Sergipe, local de coleta do ponto P2 (Figura 5).

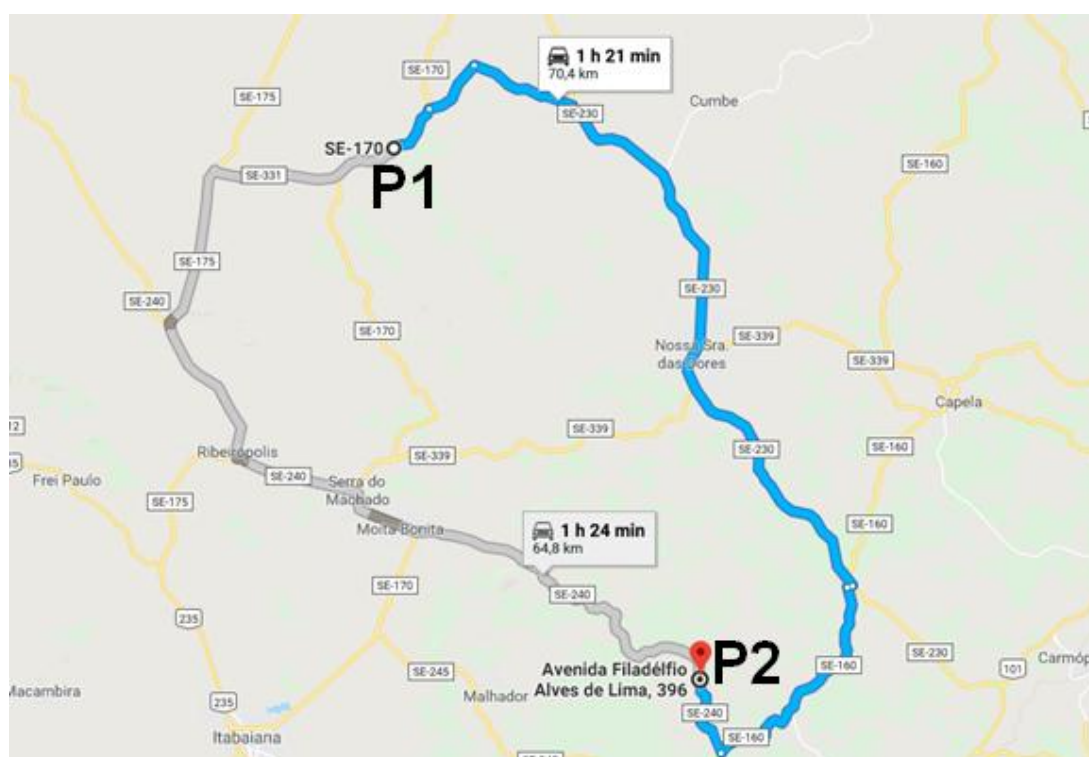


Figura 5 – Rota de acesso ao ponto de coleta P2 localizado no município de Santa Rosa de Lima, saindo do ponto de coleta P1 (Fonte: Google Maps).

- **Ponto P3**

Este ponto situa-se entre os municípios de Laranjeiras e Maruim, próximo a Rodovia Governador Mário Covas, BR-101. O local da coleta é utilizado pelos pescadores locais onde guardam as canoas e provavelmente é utilizado para recreação pela população da região. Para chegar ao P3 partindo-se do ponto P2 deve-se retornar a SE-240, dobrar a direita e seguir pela SE-160. Continuando pela SE-245, vira-se a esquerda, em direção ao município de Riachuelo, seguindo-se pela





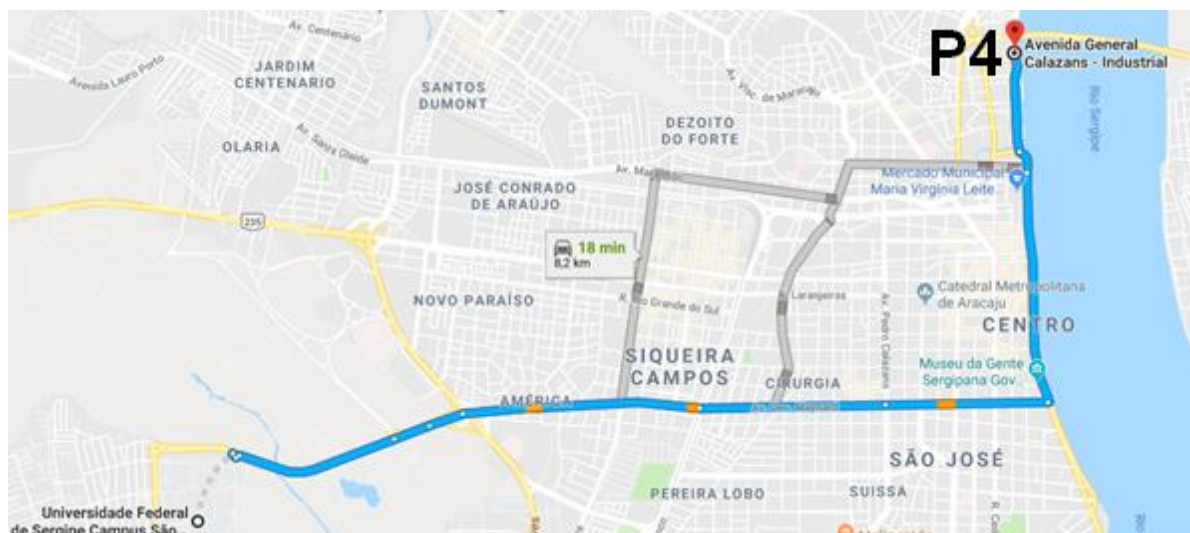


Figura 7 – Rota de acesso para chegar ao ponto de coleta P4, localizado na Orlinha do Bairro Industrial, na cidade de Aracaju (Fonte: Google Maps).

# CAPÍTULO II

## **5. CARACTERIZAÇÃO DO RIO SERGIPE**

### **5.1. ASPECTOS FÍSICOS**

A bacia hidrográfica do Rio Sergipe drena aproximadamente 16,7 % do Estado de Sergipe, sendo o Rio Sergipe o principal rio dessa bacia, percorrendo em torno de 210 km, desde a sua nascente, localizada na Serra Negra em Nossa Senhora da Glória, até a foz, localizada na capital Aracaju (ROCHA, 2006).

Os principais afluentes são os rios Pomonga, Parnamirim, Ganhamoroba e Cágado pela margem esquerda e os rios Poxim, Sal, Cotinguiba, Jacarecica, Morcego, Jacoca, Campanha, Lajes e Melancia pela margem direita (ROCHA, 2006).

O Rio Sergipe corta o Estado de Sergipe no sentido oeste-leste configurando três regiões climáticas distintas (SILVA, 2014):

- Região Subúmida com área de 676 km<sup>2</sup>, representando 18,01 % da bacia, com temperatura variando de 19 a 30 °C, evapotranspiração anual de 1.400 mm e pluviometria média anual de 1.500 mm;
- Região Agreste: área de 886 km<sup>2</sup>, representando 23,62 % da bacia, com temperatura variando de 34 °C na máxima e 18 °C na mínima, evapotranspiração anual de 1.600 mm e pluviometria média anual de 850 mm;
- Região Semiárida: área de 2.191 km<sup>2</sup>, representando 58,37 % da bacia, com temperatura variando de 34 °C na máxima e 16 °C na mínima, evapotranspiração anual de 1.700 mm e pluviometria média anual de 700 mm.

### **5.2. GEOLOGIA REGIONAL E LOCAL**

O Rio Sergipe percorre o Grupo Macururé (Domínio Macururé), os grupos Vaza Barris e Simão Dias do Domínio Vaza-Barris, a Sub-bacia de Sergipe, o Grupo Barreiras e as Formações Superficiais Continentais (CPRM, 2014).

A Bacia Hidrográfica do Rio Sergipe está inserida, em sua maior parte, na Faixa de Dobramentos Sergipana (FDS). Esta faixa compreende umas das unidades da Província Borborema, localizada na parte sul desta província e foi formada entre o Mesoproterozoico e o Neoproterozoico (SANTOS *et al.*, 1998). A FDS compreende é uma faixa orogênica triangular de direção WNW-ESSE e desenvolveu-se pela colisão do Maciço Pernambuco-Alagoas com Cráton São Francisco, durante o Ciclo

Brasilião, resultando na provável amalgamação de diversos domínios litotectônicos (BRITO NEVES *et al.*, 1977). A faixa é dividida em cinco domínios tectono-estratigráficos definidos, de norte a sul, como Canindé, Poço Redondo-Marancó, Macururé, Vaza-Barris e Estância. (TEIXEIRA *et al.*, 2014).

Os domínios Vaza-Barris e Macururé são representados por metassedimentos. O Domínio Macururé é marcado pela presença de corpos graníticos intrusivos tardi a pós-tectônicos.

Os domínios Marancó e Canindé são predominantemente vulcânicos. O Domínio Poço Redondo é marcado pela presença de ortognaisses migmatizados. O Domínio Estância é caracterizado por sedimentos depositados em não-conformidade sobre rochas do embasamento (TEIXEIRA *et al.*, 2014).

As rochas da Bacia de Sergipe foram depositadas tanto nas fases iniciais como durante os eventos relacionados à separação entre a América do Sul e a África. O Grupo Sergipe é dividido nas formações Riachuelo e Continguiaba, segundo Schaller (1969) e Feijó (1994) (SANTOS, 1998).

As formações superficiais cenozóicas que ocorrem no Estado de Sergipe abrangem o Grupo Barreiras, as coberturas terciário-quaternárias e as coberturas quaternárias (Pleistocênicas - Depósitos de Leques Aluviais Coalescentes, Depósitos Eólicos Continentais, Terraços Marinhos e Holocênicas – Depósitos Fluvialagunares, Depósitos Eólicos Litorâneos, Depósitos de Pântanos e Mangues, Depósitos Aluvionares e Coluvionares) (SANTOS, 1998).

O ponto de coleta **P1** está inserido no Grupo Macururé (Domínio Macururé), enquanto o **P2** se localiza no Membro Angico (Formação Riachuelo, Grupo Sergipe, Sub-bacia de Sergipe). O **P3** situa-se no Membro Taquari-Marum (Formação Riachuelo, Grupo Sergipe, Sub-bacia de Sergipe) e o **P4** está localizado nos Depósitos Litorâneos (Formações Superficiais Continentais).

### **5.2.1. Domínio Macururé**

#### **5.2.1.1. Grupo Macururé (P1)**

O Grupo Macururé é constituído por seis litofácies, sendo que três destas litofácies estão associadas ao percurso do Rio Sergipe e são representadas por micaxistos granadíferos predominantes, quartzitos e mármore (MNm1); por metarritmitos finos (siltitos e filitos) com lentes de metavulcanitos (keratófiros e dacitos) (MNm2) e por metagrauvacas e metarenitos finos (MNm3) (TEIXEIRA *et al.*, 2014).

### **5.2.2. Sub-bacia de Sergipe (Grupo Sergipe – Formação Riachuelo)**

#### **5.2.2.1. Membro Angico (P2)**

O Membro Angico é representado por arenitos brancos, finos a conglomeráticos, com intercalações de siltitos, folhelhos e calcários (TEIXEIRA *et al.*, 2014).

#### **5.2.2.2. Membros Taquari-Maruí (P3)**

Os Membros Taquari e Maruí são formados pelas seguintes rochas:

- Membro Taquari - calcilutitos e folhelhos cinzentos interestratificados.
- Membro Maruí - calcarenitos e calcirruditos oncolíticos e oolíticos, e recifes algáticos isolados. Também ocorrem dolomiticos com níveis de arenitos, siltitos e folhelhos (TEIXEIRA *et al.*, 2014).

### **5.2.3. Formações Superficiais Continentais (P4)**

Os depósitos de pântanos e mangues são encontrados ao longo de todo o litoral do Estado de Sergipe ocupando as partes inferiores dos vales entalhados no Grupo Barreiras e em algumas regiões baixas, entre os terraços marinhos pleistocênicos e holocênicos. Essas regiões são protegidas e estão sob influência das marés, com desenvolvimento de manguezais, que são depósitos atuais constituídos predominantemente por sedimentos argilo-siltosos, ricos em material orgânico (BITTENCOURT *et al.*, 1983).

Tabela 2 – Tabela com a geologia local relacionada ao domínio, grupo e formação e suas respectivas idades de formação. Fonte: TEXEIRA *et al.*, 2014.

Domínio Macururé	P1	Grupo Macururé			TONIANO- EDICARIANO 1000 a 542 Ma
Sub-bacia de Sergipe	P2	Grupo Sergipe	Formação Riachuelo	Membro Angico	CRETÁCIO 145,5 a 65,5 Ma
	P3			Taquari- Maruim	
Formações Superficiais Continentais	P4	Depósitos de pântanos e mangues			QUATERNÁRIO <2,588 Ma

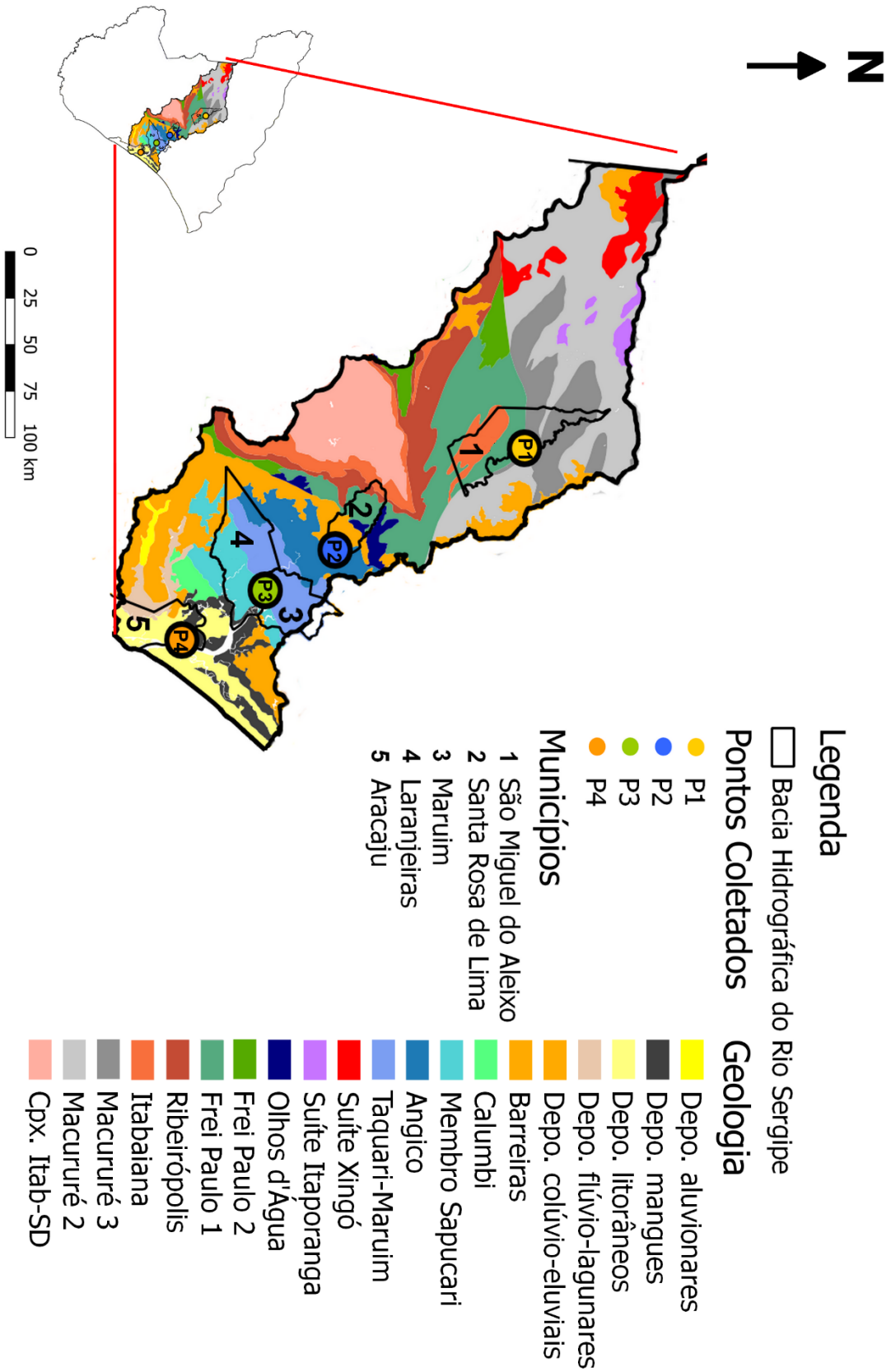


Figura 8 – Mapa da Bacia Hidrográfica do Rio Sergipe com as unidades estratigráficas (Fonte: SRH,2004).

# CAPÍTULO III



## 6. DESCRIÇÃO DOS PONTOS DE COLETA DE ÁGUA E SEDIMENTO

### • P1

A coleta no ponto P1 (Figura 9A) foi realizada em dois locais do rio, um próximo a boca do bueiro da ponte (P1a, Figura 9B) e outro no banco de areia (ilha), localizado no centro do leito do rio (P1b, Figura 9C).

A água deste ponto de coleta apresentou cor amarelada e o sedimento é formado por cascalhos, frações de areia e conchas de gastrópodes. Neste ponto foi observada a presença de material residual como garrafas PET, chinelos de borracha, latas de refrigerante, sacos plásticos, roupas e partes de uma bicicleta, o que indica que o rio é utilizado para recreação pela população local.



Figura 9 – A: Vista panorâmica do Rio Sergipe no ponto de coleta P1. B: Local de coleta do ponto P1a, boca do bueiro. C: Ilha no leito do rio onde foi realizada a coleta do ponto P1b. Neste ponto, observa-se material residual (Fonte: Autor).

### • P2

No ponto P2 (Figura 10A), a margem do rio contém detritos de material de construção provenientes da ponte. O rio apresenta seixos e matacões e o sedimento é composto por cascalho, areia, silte e materiais biológicos como folhas e galhos. A água se apresentou cristalina, incolor, o que facilitou a visualização do leito do rio. O material residual encontrado foi garrafas PET, sacolas plásticas, roupas, entre outros, o que indica que o rio é utilizado para recreação.



Figura 10 – A: Vista panorâmica do Rio Sergipe no ponto de coleta P2. B: Vista da margem esquerda do rio. C: Ponto de coleta da água e do sedimento, destacando os seixos no percurso do rio e a transparência da água (Fonte: Autor).

### • P3

A água deste ponto (Figura 11A) apresentou coloração amarelada e o sedimento é composto por cascalhos, areia e silte. Nas margens do rio se observou a presença de lixo, como pneus, garrafas plásticas e restos de alimentos. O local é utilizado como apoio para os pescadores locais, para guardar as canoas (Figura 11B) e os objetos utilizados na pesca. Além disso, essa área do rio é usada para recreação pela população local.

Na margem oposta ao local da coleta (Figura 11C), localiza-se a Fábrica de Fertilizantes Nitrogenados (FAFEN), da Petrobras.





Figura 11 – A: Imagem panorâmica do ponto de coleta. B: Local utilizado para guardar as canoas. C: Imagem da FAFEN na margem oposta ao local da coleta (Fonte: Autor).

- **P4**

Este ponto se localiza em Aracaju, na Orlinha do Bairro Industrial (Figura 12A), onde o rio é utilizado para atividade pesqueira e para lazer de alguns moradores do local. A água apresentou coloração acinzentada e o sedimento é constituído por fração areia e silte. No local há ocorrência de lixos diversos como latas de refrigerante, garrafas PET, roupas, sacolas plásticas, entre outros.

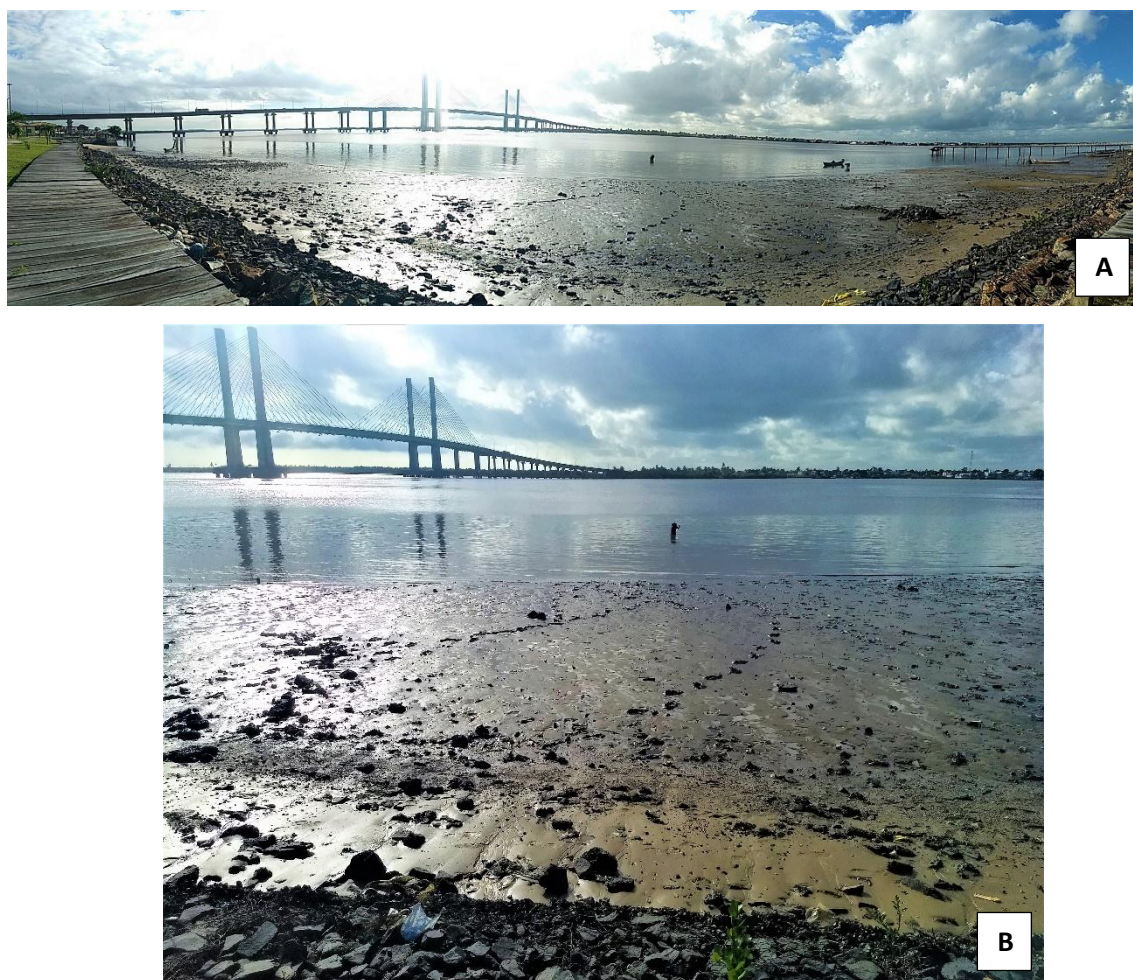


Figura 12 – A: Imagem panorâmica do ponto de coleta P4, na Orlinha do Bairro Industrial em Aracaju.  
B: Local da coleta. (Fonte: Autor).

# CAPÍTULO IV

## 7. ASPECTOS LEGAIS E INSTITUCIONAIS

O estudo, a avaliação e o controle da qualidade das águas de abastecimento no país estão associados, fundamentalmente, a dois dispositivos legais: a Portaria do Ministério da Saúde (MS) nº 518 de 25 de março de 2004 e a Resolução nº 357/2005 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). A Portaria MS nº 518/2004 contém as normas e o padrão de potabilidade da água destinada ao consumo humano e que devem ser observados em todo o território nacional. Cabe ao Ministério da Saúde, em articulação com as autoridades sanitárias competentes dos estados, municípios e Distrito Federal, a adoção das medidas necessárias ao cumprimento da legislação. A portaria dispõe sobre os procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água para o consumo humano. Na Portaria MS nº 518/2004, o padrão de potabilidade é dividido da seguinte forma: padrão microbiológico (incluindo padrão de turbidez para a água pós-filtração ou pré-desinfecção); padrão para substâncias químicas que representam risco à saúde (substâncias inorgânicas e orgânicas, agrotóxicos, cianotoxinas, desinfetantes e produtos secundários da desinfecção); padrão de radioatividade e padrão de aceitação para o consumo humano. A Portaria MS nº 518/2004 apresenta o padrão de potabilidade para substâncias químicas, que representam risco à saúde, merecendo destaque alguns aspectos relacionados a esse padrão, que estão resumidos e brevemente justificados a seguir:

- **Componentes Inorgânicos** - substâncias citadas na Portaria nº 36/1990 (Tabela 3), metais que apresentam efeito negativo para a saúde, segundo estudos toxicológicos;
- **Componentes Orgânicos** - substâncias que possuem relevante emprego industrial no país ou que possuem efeito nocivo à saúde (por exemplo, o cloreto de vinila que é carcinogênico). Os valores máximos permitidos (VMPs) pela Organização Mundial da Saúde (OMS) foram incluídos, destacando um VMP para cianotoxinas, especificamente as microcistinas, em função do reconhecido problema de saúde pública decorrente da presença em excesso de cianobactérias em mananciais eutrofizados. O não-estabelecimento de VMP para outras cianotoxinas se deve a escassez de informações e não-disponibilidade de técnicas analíticas padronizadas;

Tabela 3 – Padrão de potabilidade para substâncias que apresentam risco à saúde humana  
 – Componentes inorgânicos (Fonte: Portaria MS nº 518/2004).  
 (1) – Valor máximo permitido.

Parâmetro	Unidade	VMP <sup>(1)</sup>
<b>Inorgânicas</b>		
Antimônio	mg/L	0,005
Arsênio	mg/L	0,01
Bário	mg/L	0,7
Cádmio	mg/L	0,005
Cianeto	mg/L	0,07
Chumbo	mg/L	0,01
Cobre	mg/L	2
Cromo	mg/L	0,05
Fluoreto <sup>(2)</sup>	mg/L	1,5
Mercurio	mg/L	0,001
Nitrato (como N)	mg/L	10
Nitrito (como N)	mg/L	1
Selênio	mg/L	0,01

- **Agrotóxicos** - vários princípios ativos de agrotóxicos foram incluídos na Portaria MS nº 518/2004 com base em informações sobre a comercialização de diversos produtos no Brasil e a permissão de uso pelo Ministério da Saúde. Alguns foram mantidos apesar de não serem mais comercializados no país, em virtude da sua prolongada persistência no meio ambiente. Os cinquenta produtos mais usados no país foram priorizados, principalmente os herbicidas, que representam mais de 60% de todos os praguicidas comercializados no Brasil.

O padrão de aceitação para o consumo humano (Tabela 4) consiste nos aspectos físicos e químicos da água.



Tabela 4 – Padrão de aceitação para o consumo humano (Fonte: Portaria MS nº 518/2004).

<b>Parâmetro</b>	<b>Unidade</b>	<b>VMP</b>
Alumínio	mg/L	0,2
Amônia (como NH <sub>3</sub> )	mg/L	1,5
Cloreto	mg/L	250
Cor Aparente	uH	15
Dureza	mg/L	500
Etilbenzeno	mg/L	0,2
Ferro	mg/L	0,3
Manganês	mg/L	0,1
Monoclorobenzeno	mg/L	0,12
Odor	-	Não objetável
Gosto	-	Não objetável

Sódio	mg/L	200
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	1.000
Sulfato	mg/L	250
Sulfeto de Hidrogênio	mg/L	0,05
Surfactantes	mg/L	0,5
Tolueno	mg/L	0,17
Turbidez	UT	5
Zinco	mg/L	5
Xileno	mg/L	0,3

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), na Resolução nº 357/2005, define a classificação das águas do território nacional com os seguintes objetivos: assegurar os usos preponderantes; definir o grau de exigência para tratamento de efluentes; facilitar o enquadramento e o planejamento do uso de recursos hídricos, criando instrumentos para avaliar a evolução da qualidade das águas e preservar a saúde humana e o equilíbrio ecológico aquático. A divisão da água foi estabelecida em três grandes grupos: doces, salobras e salinas. As



primeiras, usualmente empregadas para consumo humano, são subdivididas em classes:

- **Classe Especial** - águas destinadas ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção; à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas e à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação e proteção integral;
- **Classe 1** - águas que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano após tratamento simplificado; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho), conforme Resolução nº 274/2000 do CONAMA; à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas, sem remoção de película; e à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas. Materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais, óleos e graxas, substâncias que possuam gosto ou odor, corantes provenientes de fontes antrópicas e resíduos sólidos objetáveis deverão estar virtualmente ausentes da água;
- **Classe 2** - águas que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano após tratamento convencional; à recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho), conforme Resolução nº 274/2000 do CONAMA; à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esportes e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto e à aquicultura e à atividade de pesca.

Nas águas de Classe 2 estão estabelecidos as condições e padrões da Classe 1 (Tabela 5), com exceção da presença de corantes provenientes de fontes antrópicas, que não sejam removíveis por processo de coagulação, sedimentação e filtração convencionais. O limite dos coliformes termotolerantes para a água de uso de recreação de contato primário deve obedecer ao padrão citado na Resolução nº 274/2000 do CONAMA;

Tabela 5 – Valores permitidos para água das Classes 1 e 2, conforme os parâmetros analisados neste trabalho (Fonte: Resolução nº 357/2005 do CONAMA).

<b>Classe 1 e 2</b>	
<b>Parâmetros</b>	<b>Valor Máximo</b>
pH	6,0 a 9,0
Cloretos	250 mg Cl/L
Cor aparente	75 mg Pt/L
Dureza	500 mg CaCO <sub>3</sub> /L
Cádmio (Cd)	0,001 mg/L
Chumbo (Pb)	0,01 mg/L
Cromo (Cr)	0,05 mg/L
Cobre (Cu)	0,009 mg/L
Níquel (Ni)	0,025 mg/L

- **Classe 3** – Nas águas da classe 3 são estabelecidos padrões conforme a Resolução nº 357/2005 do CONAMA (Tabela 6) e representam águas que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano após tratamento convencional ou avançado; à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; à pesca amadora; à recreação de contato secundário e à dessedentação de animais;

Tabela 6 – Valores permitidos para água de Classe 3 referentes aos parâmetros estudados nesse trabalho (Fonte: Resolução nº 357/2005 do CONAMA).

<b>Classe 3</b>	
<b>Parâmetros</b>	<b>Valor Máximo</b>
pH	6,0 a 9,0
Cloretos	250 mg Cl/L

Cor aparente	75 mg Pt/L
Dureza	500 mg CaCO <sub>3</sub> /L
Cádmio (Cd)	0,01 mg/L
Chumbo (Pb)	0,033 mg/L
Cromo (Cr)	0,05 mg/L
Cobre (Cu)	0,013 mg/L
Níquel (Ni)	0,025 mg/L

- **Classe 4** - águas que podem ser destinadas à navegação e à harmonia paisagística. Nas águas de Classe 4, a concentração de oxigênio dissolvido deve ser superior a 2,00 mg/L, em qualquer amostra, e o pH deve estar entre 6,0 e 9,0.

## 7.1. PARÂMETROS DA QUALIDADE DA ÁGUA

A água possui características físicas, químicas e microbiológicas que são relacionadas aos diversos componentes e estes podem ser tratados em parâmetros de qualidade da água. A literatura referente à qualidade da água enfoca principalmente, os padrões de potabilidade de corpos d'água e de lançamento (VON SPERLING, 2005). A Resolução nº 357/2005 do CONAMA atesta que as águas de Classe 1 e 2, para abastecimento humano, devem ter parâmetros conforme os que estão dispostos no Art. 14 e 15 da resolução, que estabelecem as condições e os padrões de qualidade de água.

### 7.1.1. pH

O pH de um corpo hídrico é atribuído as características do solo, à presença de ácidos húmicos e/ou à atividade fotossintética intensa. A variação do pH nas águas superficiais ocorre principalmente em consequência do lançamento de esgotos domésticos e industriais, que alteram o equilíbrio químico e biológico do ambiente (LIBÂNIO, 2005). Desta forma, o pH se caracteriza como um parâmetro padrão para avaliação da qualidade dos corpos receptores, conforme a Resolução nº 357/2005 do CONAMA. No caso da água do Rio Sergipe analisada neste trabalho,

corresponde a uma faixa permitida entre 6,0 e 9,0, além de padrão de emissão de efluentes líquidos domésticos e industriais, com valores estabelecidos entre 5,0 e 9,0 (água do rio de Classe 1 e 2).

### **7.1.2. Cloretos**

O cloreto é o ânion  $\text{Cl}^-$  que ocorre nas águas subterrâneas através de solos e rochas. Nas águas superficiais, as fontes importantes de cloretos são as descargas de esgotos sanitários, sendo que cada pessoa expele através da urina, cerca 6 g de cloreto por dia, o que faz com que os esgotos apresentem concentrações de cloreto que ultrapassam 15 mg/L.

Diversos são os efluentes industriais que apresentam concentrações de cloreto elevadas, como os da indústria do petróleo, algumas indústrias farmacêuticas, curtumes, etc.

Nas regiões costeiras, através da chamada intrusão da língua salina, são encontradas águas com níveis altos de cloreto.

Nas águas tratadas, a adição de cloro puro ou em solução leva a uma elevação do nível de cloreto, resultante das reações de dissociação do cloro na água.

Nas águas de abastecimento público, a concentração de cloreto constitui um padrão de potabilidade, segundo a Portaria nº 1469/2000 do Ministério da Saúde. O cloreto provoca sabor "salgado" na água, sendo o cloreto de sódio o mais restritivo por provocar sabor em concentrações da ordem de 250 mg/L, valor este que é tomado como padrão de potabilidade. No caso do cloreto de cálcio, o sabor só é perceptível em concentrações de cloreto superior a 1.000 mg/L. Embora existam populações árabes adaptadas no uso de águas com 2.000 mg/L de cloreto, o efeito laxativo da água com esse valor é conhecido.

### **7.1.3. Cor Aparente**

A cor de uma amostra de água está associada ao grau de redução da intensidade que a luz sofre ao atravessá-la. Esta redução denomina-se de absorção de parte da radiação eletromagnética, devido à presença de sólidos dissolvidos, principalmente material em estado coloidal orgânico e inorgânico (PIVELLI, 1996). Dentre os colóides orgânicos pode-se mencionar os ácidos húmico e fúlvico, substâncias naturais resultantes da decomposição parcial de compostos orgânicos presentes em folhas, dentre outros substratos. Alguns compostos inorgânicos

também são capazes de provocar os efeitos de matéria em estado coloidal (VON SPERLING, 2005). Os principais compostos são os óxidos de ferro e manganês, que são abundantes em diversos tipos de solo. Outros metais presentes em efluentes industriais conferem cor a água, mas em geral, são íons dissolvidos e pouco ou quase nada interferem na passagem da luz. O problema maior da coloração da água, em geral, é o estético, que causa um efeito repulsivo aos consumidores (VON SPERLING, 2005).

Potabilidade padrão da cor da água segundo a Resolução nº 357/2005 do CONAMA é de 15 mg Pt/L para Classe 1 e para Classe 2 existe o limite máximo de 75 mg Pt/L.

#### **7.1.4. Dureza**

A dureza da água resulta da presença, principalmente, de sais alcalinos terrosos (cálcio e magnésio) ou de outros metais bivalentes em menor intensidade. Em teores elevados causa sabor desagradável e efeitos laxativos; reduz a formação da espuma do sabão, aumentando o consumo de água; também provoca incrustações nas tubulações e caldeiras (CETESB, 2006). As águas podem ser classificadas em termos de dureza ( $\text{CaCO}_3$ ) como:

- Menor que 50 mg/L  $\text{CaCO}_3$  – água mole;
- Entre 50 e 150 mg/L  $\text{CaCO}_3$  – água com dureza moderada;
- Entre 150 e 300 mg/L  $\text{CaCO}_3$  – água dura;
- Maior que 300 mg/L  $\text{CaCO}_3$  – água muito dura.

A Dureza Total nas águas corresponde ao total dos sais dissolvidos na água. Quanto maior a quantidade presente de sais minerais, maior será a dureza total da água. Essa variável é formada por duas frações: a dureza em carbonatos e a dureza de não carbonatos, expressas em miligramas de carbonato de cálcio por litro.

- Dureza em carbonatos - representa a fração de baixa solubilidade, portanto a “fração instável ou temporária” da amostra ou do sistema analisado. Os sais envolvidos são os carbonatos de cálcio, magnésio e sódio. A dureza em carbonatos também funciona como um indicador da estabilidade do pH, quanto maior, mais estável será o pH da amostra ou sistema analisado, devido

ao fato de apresentarem os bicarbonatos e carbonatos, efeito tamponador, evitando alterações bruscas no pH;

- Dureza de não carbonatos - dureza permanente ou estável, contém os sais de sulfatos, cloretos e nitratos de cálcio e magnésio, altamente solúveis e relativamente estáveis na água. O calor não tem influência sobre a fração de dureza, sofrendo interferência apenas das substâncias alcalinas que também formam os carbonatos.

## **7.2. PARÂMETROS PARA METAIS PESADOS NA ÁGUA**

### **7.2.1. Cádmio**

O cádmio ocorre nas águas naturais devido as descargas de efluentes industriais, principalmente as galvanoplastias, produção de pigmentos, soldas, equipamentos eletrônicos, lubrificantes e acessórios fotográficos. É também usado como inseticida. A queima de combustíveis fósseis consiste também numa fonte de cádmio para o ambiente. Apresenta efeito crônico, pois concentra-se nos rins, no fígado, no pâncreas e na tireoide, sendo que uma única dose de 9,0 g pode levar à morte. O cádmio não apresenta nenhuma qualidade, pelo menos conhecida até o presente, que o torne benéfico ou essencial para os seres vivos. Estudos feitos com animais demonstram a possibilidade de causar anemia, retardo de crescimento e morte (CETESB, 2006). O padrão de potabilidade é fixado pela Resolução nº 357/2005 do CONAMA em 0,001 mg/L.

O cádmio ocorre na forma inorgânica, pois os seus compostos orgânicos são instáveis. Além dos malefícios já mencionados, o cádmio é um irritante gastrointestinal, causando intoxicação aguda ou crônica sob a forma de sais solúveis (CETESB, 2006).

A ação do cádmio sobre a fisiologia dos peixes é semelhante às do níquel, zinco e chumbo. Em águas doces, o cádmio está presente em concentrações traços, geralmente inferiores a 1 µg/L. É um metal de elevado potencial tóxico, que se acumula em organismos aquáticos, que possibilitam a sua entrada na cadeia alimentar. O cádmio pode ser fator para vários processos patológicos no homem, incluindo disfunção renal, hipertensão, arteriosclerose, inibição no crescimento, doenças crônicas em idosos e câncer (CETESB, 2006).

A exposição aguda ao cádmio (Cd) pode ocorrer por ingestão de bebidas e alimentos contendo concentrações relativamente altas do metal. A ingestão de bebidas com aproximadamente 16 mg de Cd/L causou sinais e sintomas gastrintestinais, como náuseas, vômitos, diarreias e dores abdominais. A contaminação da água de irrigação de plantações de arroz por cádmio, oriundo de efluentes de uma mineração instalada às margens do Rio *Jinzu* (Japão), causou uma doença caracterizada por extrema dor, dano renal e fragilidade óssea, que afetou primeiramente as mulheres. A doença, conhecida como *Itai-Itai*, denominação da tradução de expressão *ouch-ouch* que significa “dor nos ossos”, é uma combinação de osteomalácia e osteoporose caracterizada por observação de múltiplas fraturas espontâneas nos ossos. Os principais efeitos observados na exposição crônica são doença pulmonar crônica obstrutiva e enfisema, além de distúrbio crônico dos túbulos renais (CETESB, 2012).

A Agência Internacional de Pesquisa em Câncer (IARC) classifica o cádmio e seus compostos como cancerígenos para o ser humano, com base em evidência de tumores pulmonares em trabalhadores e animais expostos por via inalatória (CETESB, 2012).

### **7.2.2. Chumbo**

O chumbo está presente no ar, no tabaco, nas bebidas e nos alimentos. Nestes últimos por contaminação da embalagem. Também está presente na água devido às descargas de efluentes industriais, como por exemplo, os efluentes das indústrias de acumuladores (baterias), bem como o uso indevido de tintas, tubulações e acessórios a base de chumbo (materiais de construção). O chumbo e seus compostos também são utilizados em eletrodeposição e metalurgia e constitui veneno cumulativo, provocando um envenenamento crônico denominado saturnismo, que consiste em efeito sobre o sistema nervoso central com consequências bastante sérias. Outros sintomas de uma exposição crônica ao chumbo, quando os efeitos ocorrem no sistema nervoso central são tontura, irritabilidade, dor de cabeça, perda de memória, entre outros. Quando o efeito ocorre no sistema periférico, o sintoma é a deficiência dos músculos extensores. A toxicidade do chumbo, quando aguda, é caracterizada pela sede intensa, sabor metálico, inflamação gastrointestinal, vômito e diarreia (CETESB, 2006).

O chumbo é padrão de potabilidade, sendo fixado o valor máximo permissível de 0,01 mg/L pela Resolução nº 357/2005 do CONAMA.

### **7.2.3. Cromo**

Os compostos de  $\text{Cr}^{+6}$  são os mais tóxicos aos humanos do que os de  $\text{Cr}^{+3}$ . Há relatos de danos ao sistema respiratório devido à inalação. Casos de pneumonia, bronquite, danos ao fígado e aos rins, dermatites, hemorragias internas e diarreias, também já foram verificados (CETESB, 2006)

As concentrações de cromo em água doce são muito baixas, normalmente inferiores a 1 µg/L. É comumente utilizado em aplicações industriais e domésticas, como na produção de alumínio anodizado, aço inoxidável, tintas, pigmentos, explosivos, papel e fotografia. Na forma trivalente, o cromo é essencial ao metabolismo humano e sua carência causa doenças. Na forma hexavalente é tóxico e cancerígeno. Os limites máximos são os estabelecidos basicamente em função do cromo hexavalente (CETESB, 2006).

O valor máximo permitido para o cromo é de 0,05 mg/L segundo a Resolução nº 357/2005 do CONAMA.

### **7.2.4. Cobre**

O cobre ocorre geralmente nas águas, naturalmente, em concentrações inferiores a 20 µg/L. Quando em concentrações elevadas, é prejudicial à saúde e confere sabor às águas. Uma concentração de 20 mg/L de cobre ou um teor total de 100 mg/L por dia na água produz intoxicações humanas com lesões no fígado. No entanto, concentrações de 5 mg/L tornam a água absolutamente impalatável, devido ao gosto produzido (CETESB, 2006).

O cobre, em pequenas quantidades, é benéfico ao organismo humano, catalisando a assimilação do ferro e seu aproveitamento na síntese da hemoglobina do sangue humano, facilitando a cura de anemias (CETESB, 2006).

As fontes de cobre para o meio ambiente incluem corrosão de tubulações de latão por águas ácidas, efluentes de estações de tratamento de esgotos, uso de compostos de cobre como algicidas aquáticos, escoamento superficial e contaminação da água subterrânea, a partir de usos agrícolas do cobre como fungicida e pesticida no tratamento de solos e efluentes, e precipitação atmosférica



de fontes industriais. As principais fontes industriais incluem indústrias de mineração, fundição e refinação (CETESB, 2006).

O valor máximo permitido para o cobre é de 0,009 mg/L em águas das Classes 1 e 2, e de 0,013 mg/L em água da Classe 3 segundo a Resolução nº 357/2005 do CONAMA.

#### **7.2.5. Níquel**

Este metal é originado naturalmente pela dissolução de minerais que compõe determinadas rochas. A maior contribuição para o meio ambiente, pela atividade humana, é a queima de combustíveis fósseis. Outras fontes de contaminação estão relacionadas à processos da mineração e fundição do metal, fusão e modelagem de ligas, indústrias de eletrodeposição e como fontes secundárias, a fabricação de alimentos, artigos de panificadoras, refrigerantes e sorvetes aromatizados (SOUZA *et al* 2010).

Estudos recentes demonstram que o níquel possui efeito carcinogênico (VAZ & LIMA, 2003). Concentrações de níquel em águas superficiais naturais podem chegar a aproximadamente 0,1 mg/L, embora concentrações de mais de 11,0 mg/L possam ser encontradas, principalmente em áreas de mineração. Doses elevadas de níquel podem causar dermatites nos indivíduos mais sensíveis e afetar nervos cardíacos e respiratórios. No ser humano, um alto teor de níquel é mais frequente em trabalhadores de siderúrgicas e refinarias sendo também relacionado a dermatites, rinite, sinusite e asma (CETESB, 2006).

O valor máximo permitido para o níquel na água voltada para o consumo é de 0,025 mg/L segundo a Resolução nº 357/2005 do CONAMA.

### **7.3. PARÂMETROS PARA METAIS PESADOS NO SEDIMENTO**

O sedimento de fundo desempenha um papel importante no esquema de poluição dos rios por metais pesados. O sedimento reflete a qualidade corrente do sistema aquático e pode ser usado para detectar a presença de contaminantes, que não permanecem solúveis após o lançamento em águas superficiais. Mais do que isso, o sedimento age como carreador e possível fonte de poluição, pois os metais pesados não são permanentemente fixados pelo sedimento e podem ser ressolubilizados para a água por mudanças nas condições ambientais (BEVILACQUA, 1996).

O sedimento dos sistemas aquosos representa uma grande fonte de estudo, pois é formado por material sólido carregado pelo vento, gelo e água da superfície da Terra. Também se originam pela deposição de material orgânico, proveniente de animais e vegetais que vivem no local (CAMPAGNOLI *et al.*, 1999).

O sedimento constitui uma fase mineralógica com partículas de tamanhos, formas e composição química distintas, que em sua maioria, são depositados nos rios, lagos e reservatórios, durante muitos anos. Processos biogeoquímicos controlam o acúmulo e a redistribuição das espécies químicas (BEVILACQUA, 1996).

Outro fator que influencia a adsorção e a retenção de contaminantes na superfície das partículas é o tamanho da partícula. A tendência observada é que quando o grão diminui, as concentrações de nutrientes e contaminantes aumentam. Esta tendência primária é devido ao fato de as pequenas partículas possuírem grandes áreas de superfície para a adsorção por contaminantes. A caracterização química deve determinar as concentrações de poluentes no sedimento, na fração total (partículas < 2 mm) (CONAMA, 2003).

As propriedades de acúmulo e de redistribuição de espécies nos sedimentos, os qualificam como de extrema importância em estudos de impacto ambiental, pois registram em caráter mais permanente, os efeitos de contaminação. Dependendo das características físicas e químicas do ambiente, contaminantes e nutrientes acumulados nos sedimentos, estes podem ser disponibilizados para a coluna d'água, influenciando diretamente a qualidade desse compartimento (BEVILACQUA, 1996).

Os sedimentos de ambientes aquáticos podem ser utilizados no estudo de poluição, como indicadores da presença e dos níveis de metais pesados. Além disso, a análise de perfis de metais pesados permite o levantamento histórico da ação antrópica do local de estudo (FAVARO *et al.*, 2001).

Os metais analisados nos sedimentos do Rio Sergipe neste trabalho foram o cobre (Cu), manganês (Mn) e zinco (Zn). Elementos importantes para o enriquecimento do solo, mas que em elevados teores em rios, passam a ser contaminantes da água.

As causas e consequências do cobre em concentrações acima dos limites recomendados na água já foram relatados. A seguir serão comentados os malefícios do manganês e zinco em concentrações acima do recomendado pela OMS.

### 7.3.1. Manganês

O comportamento do manganês nas águas é muito semelhante ao do ferro, sendo a sua ocorrência mais rara. O manganês desenvolve coloração negra na água, podendo se apresentar nos estados de oxidação  $Mn^{+2}$  (forma mais solúvel) e  $Mn^{+4}$  (forma menos solúvel). A concentração de manganês < que 0,05 mg/L geralmente é aceitável em mananciais, devido ao fato de não ocorrerem, nesta faixa de concentração, manifestações de manchas negras ou depósitos de seu óxido nos sistemas de abastecimento de água. Raramente atinge concentrações de 1,0 mg/L em águas superficiais naturais e, normalmente, está presente em quantidades de 0,2 mg/L ou menos. É muito usado na indústria do aço, na fabricação de ligas metálicas e baterias e na indústria química em tintas, vernizes, fogos de artifícios e fertilizantes, entre outros (CETESB, 2006).

### 7.3.2. Zinco

A presença de zinco é comum nas águas naturais e é um elemento essencial para o crescimento, porém, em concentrações acima de 5,0 mg/L, confere sabor à água e uma certa opalescência a águas alcalinas. Os efeitos tóxicos do zinco sobre os peixes são muito conhecidos, assim como sobre as algas. A ação desse íon metálico sobre o sistema respiratório dos peixes é semelhante à do níquel, anteriormente citada. Entretanto, ressalta-se que o zinco em quantidades adequadas é um elemento essencial e benéfico para o metabolismo humano, sendo que a atividade da insulina e diversos compostos enzimáticos dependem da sua presença. A deficiência do zinco nos animais pode conduzir ao atraso no crescimento. Os padrões para águas reservadas ao abastecimento público indicam 5,0 mg/L como o valor máximo permissível (CETESB, 2006).

O zinco é amplamente utilizado na indústria e pode entrar no meio ambiente através de processos naturais e antropogênicos, entre os quais destacam-se a produção de zinco primário, combustão de madeira, incineração de resíduos, produção de ferro e aço, efluentes domésticos. A água com alta concentração de zinco tem uma aparência leitosa e produz um sabor metálico ou adstringente quando aquecida (CETESB, 2006).

# CAPÍTULO V

## 8. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 8.1. Resultados dos Parâmetros Físico-Químicos da Análise de Água

#### 8.1.1. pH

A análise de pH da água do Rio Sergipe resultou em valores que variam entre 7,6 e 8,3 (Tabela 7). Estes valores estão dentro dos limites permitidos (6,0 e 9,0 - Figura 13) para as águas das classes 1, 2, 3 e 4, conforme a Resolução nº 357/2005 do CONAMA.

As alterações de pH podem ter origem natural (dissolução de rochas, fotossíntese) ou antropogênica (despejos domésticos e industriais). Em águas de abastecimento, baixos valores de pH podem contribuir para sua corrosividade e agressividade, enquanto valores elevados aumentam a possibilidade de incrustações. Para a adequada manutenção da vida aquática, o pH deve estar na faixa de 6 a 9 (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006).

Tabela 7 – Valores de pH para as amostras de água coletadas no Rio Sergipe.

Ponto	Valores de pH
P1	8,23
P2	7,9
P3	7,64
P4	7,82

Os valores de pH obtidos neste trabalho para as amostras do Rio Sergipe são próximos a 8,0 e apenas a amostra P1 possui valor mais elevado, mas enquadra-se dentro do limite estipulado pela Resolução nº 357/2005 do CONAMA. O pH da água não determina a sua potabilidade, mas é um parâmetro importante pois influi na distribuição das formas livre e ionizada de diversos compostos químicos, além de contribuir para um maior ou menor grau de solubilidade das substâncias e definir o potencial de toxicidade de vários elementos (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006).

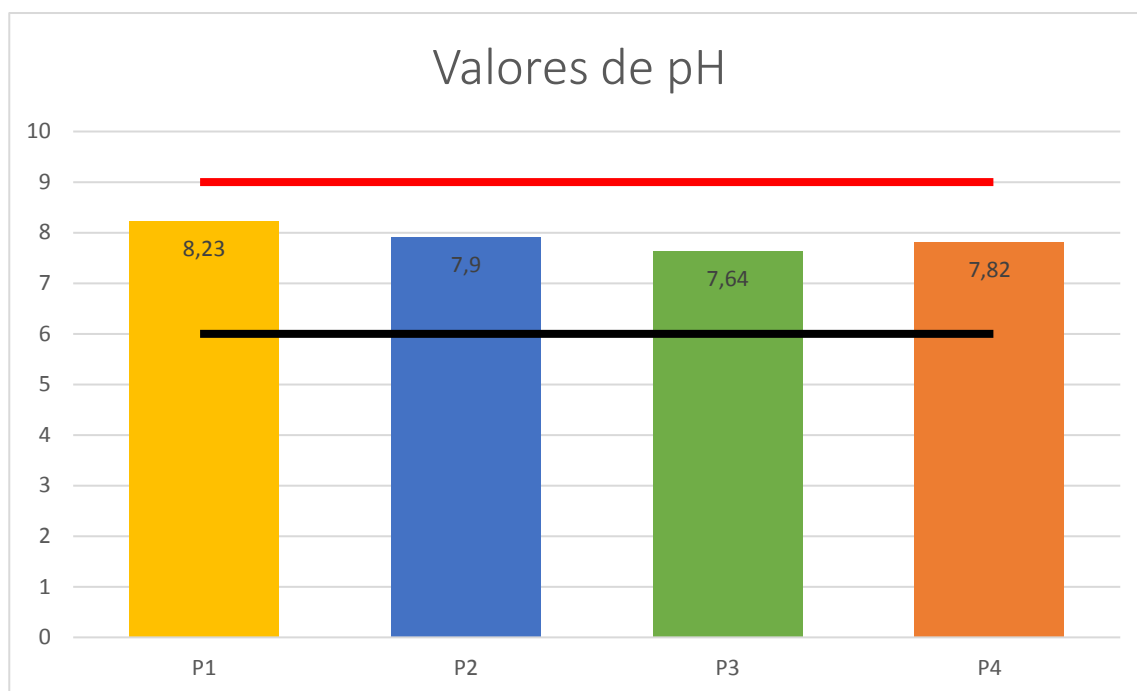


Figura 13 – Valores de pH nas amostras de água coletadas no Rio Sergipe em comparação ao permitido pela Resolução nº 357/2005 do CONAMA. Traço preto – valor mínimo, traço vermelho – valor máximo (Fonte: Autor).

### 8.1.2. Cor Aparente

A cor aparente das amostras resultaram em valores que variam de 3,18 a 22,55 (Tabela 8) e estão dentro do valor máximo permitido pela Resolução nº 357/2005 do CONAMA (Figura 14). De modo geral, a cor é um indicador da presença de metais (Fe, Mn), húmus (matéria orgânica oriunda da degradação de matéria de origem vegetal), plâncton (conjunto de plantas e animais microscópicos em suspensão nas águas), dentre outras substâncias dissolvidas na água.

Tabela 8 – Valores da cor aparente para as amostras de água coletadas no Rio Sergipe.

Ponto	Cor Aparente (mg Pt/L)
P1	22,55
P2	3,18
P3	11,51
P4	4,35

Estes valores classificam as amostras de água, de acordo com a cor aparente, como permitidas para as classes 1, 2, 3 e 4.

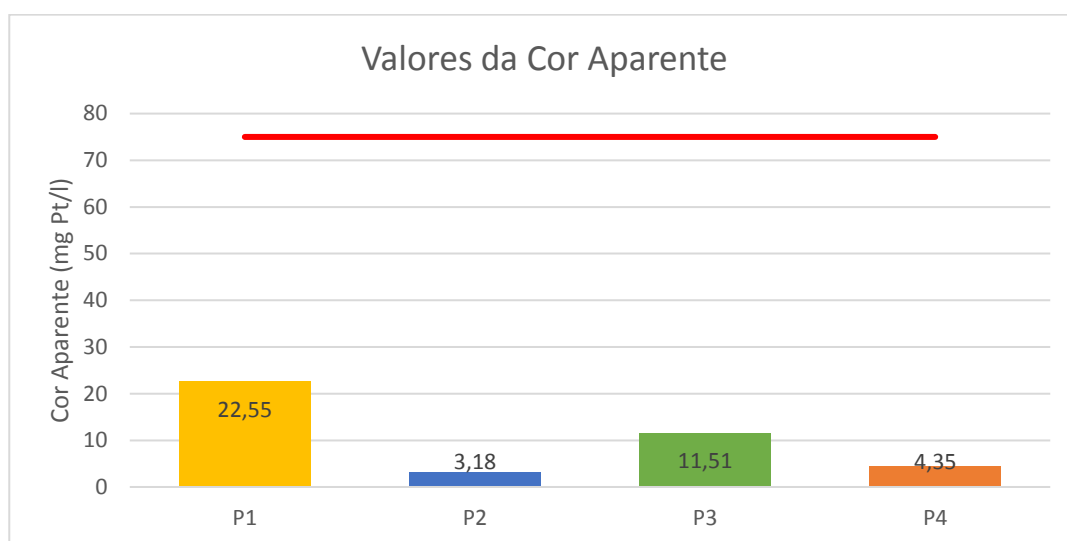


Figura 14 – Valores de cor aparente nas amostras coletadas em comparação ao limite permitido pela Resolução nº 357/2005 do CONAMA (Fonte: Autor).

### 8.1.3. Dureza Total

Os valores da Dureza Total variam entre 914,7 a 5.796,0 mg/L de  $\text{CaCO}_3$  (Tabela 9). Esses valores se encontram muito acima do permitido pela Resolução nº 357/2005 do CONAMA para as águas das classes 1, 2, 3 e 4, que é de 500 mg  $\text{CaCO}_3/\text{L}$  (Figura 15). Além disso, valores acima de 300 mg  $\text{CaCO}_3/\text{L}$  são consideradas como água muito dura.

Tabela 9 – Valores de dureza total para as amostras de água coletadas no Rio Sergipe.

Ponto	Dureza total (mg $\text{CaCO}_3/\text{L}$ )
P1	3.842,0
P2	914,7
P3	2.142,0
P4	5.796,0

Portanto as amostras de água coletadas apresentam restrição de uso para as classes 1, 2, 3 e 4, em relação ao parâmetro Dureza Total.

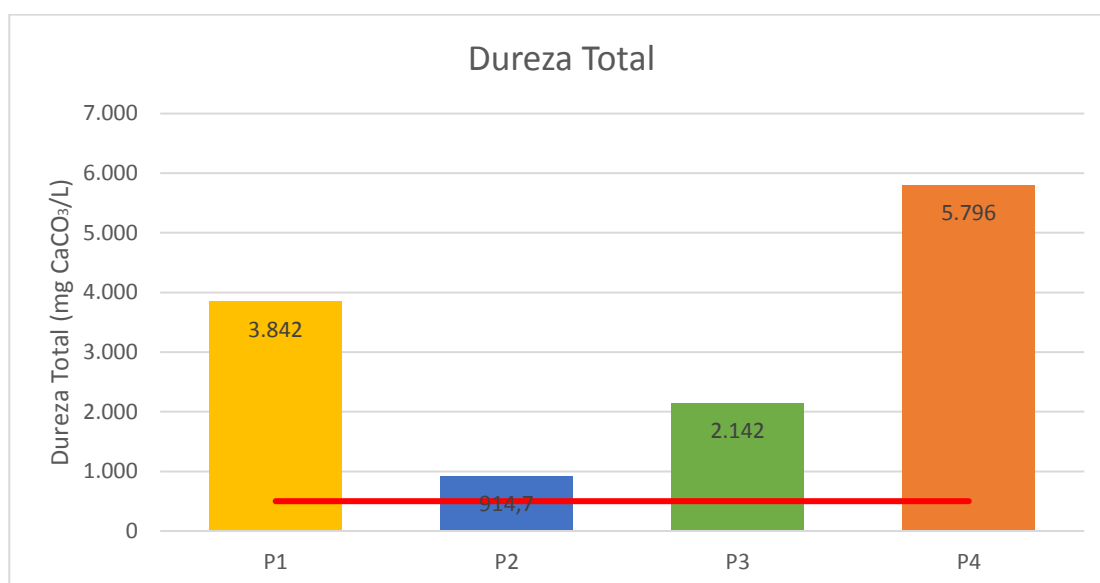


Figura 15 - Valores de dureza total nas amostras coletadas em comparação ao permitido pela Resolução nº 357/2005 do CONAMA (Fonte: Autor).

#### 8.1.4. Cloretos

A concentração de cloretos nas amostras de água coletadas resultou em valores que variam de 1.087 mg Cl/L a 17.310 mg Cl/L (Tabela 10). Estes valores ultrapassam bastante o permitido pela Resolução nº 357/2005 do CONAMA, que é de apenas 250 mg Cl/L. Teores anômalos de cloretos são indicadores de contaminação por água do mar, por aterros sanitários ou esgotos domésticos e industriais (LUCEMA, 2014).

Tabela 10 – Valores de cloretos para as amostras coletadas no rio Sergipe.

Ponto	Cloretos (mg Cl/L)
P1	5.972
P2	1.087
P3	8.403
P4	17.310



De acordo com os resultados obtidos, conclui-se que há restrição de uso da água em relação ao parâmetro cloretos, tendo em vista que os teores se encontram na faixa de água salobra (Tabela 11).

Tabela 11 – Salinidade da água com base nos cloretos. 1 ppm = 1 mg/L (Fonte: Resolução nº 357/2005 do CONAMA).

Água Doce	Água Salobra	Água Salina	Salmoura
< 0.05 %	0,05 – 3,0 %	3.0 – 5.0 %	> 5 %
< 500 ppm	500 – 30.000 ppm	30.000 – 50.000 ppm	> 50.000 ppm

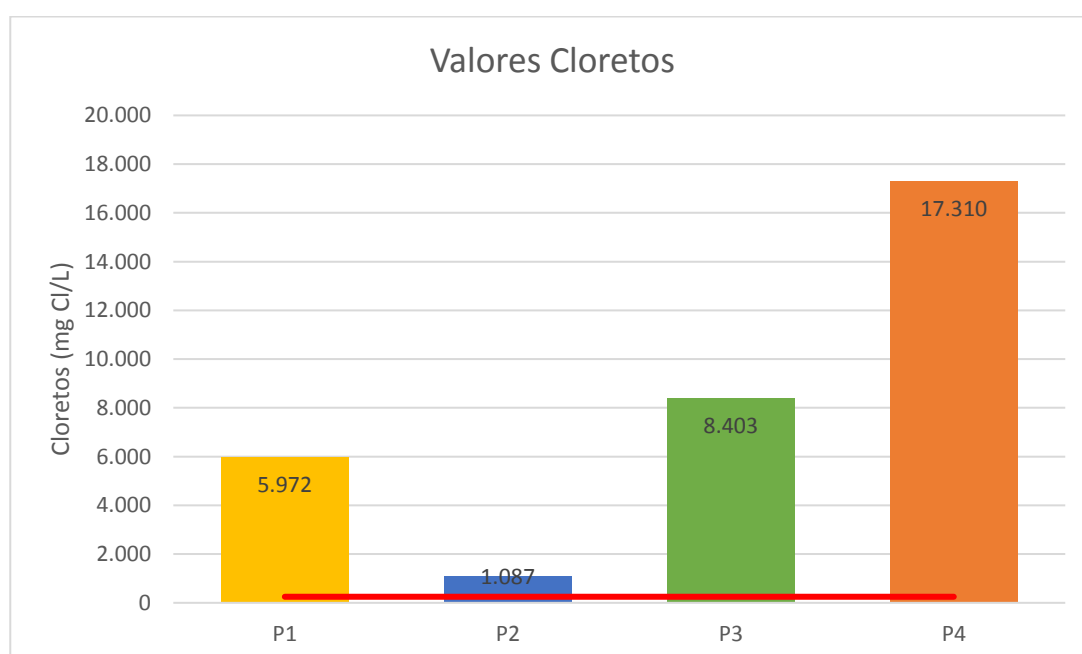


Figura 16 – Valores de cloretos nas amostras de água coletadas no Rio Sergipe em comparação ao permitido pela Resolução nº 357/2005 do CONAMA (Fonte: Autor).

## 8.2. Resultados da Análise da Concentração dos Metais Pesados na Água do Rio Sergipe

A análise da concentração de metais pesados na água do Rio Sergipe mostrou valores acima do permitido para alguns elementos (Figura 17). Os valores máximos permitidos pela Resolução n° 357/2005 do CONAMA para os metais pesados analisados estão listados na tabela 12.

Tabela 12 – Valores de metais pesados permitidos para as classes 1 e 2 (Fonte: Resolução n° 357/2005 do CONAMA).

Cádmio (Cd)	<b>0,001 mg/L</b>
Chumbo (Pb)	<b>0,01 mg/L</b>
Cromo (Cr)	<b>0,05 mg/L</b>
Cobre (Cu)	<b>0,009 mg/L</b>
Níquel (Ni)	<b>0,025 mg/L</b>

Os valores de chumbo (Pb) ultrapassam o limite máximo em todos os pontos, sendo muito acima do padrão no ponto de coleta P4. Os teores de níquel (Ni) também ultrapassam o limite máximo permitido em todas as amostras, com valor muito acima do padrão no ponto de coleta P4 (Figura 17). Os valores de cádmio (Cd) seguem o mesmo padrão do Pb e Ni, acima do limite máximo permitido, sendo 30 vezes maior que o permitido no ponto de coleta P4. O cobre (Cu) está dentro do limite permitido nos pontos P1 e P2 e fora do limite para os pontos P3 e P4, sendo 5,5 vezes maior neste último. O cromo (Cr) é o único elemento que se apresenta dentro do limite máximo permitido para as classes 1 e 2 em todas as amostras.

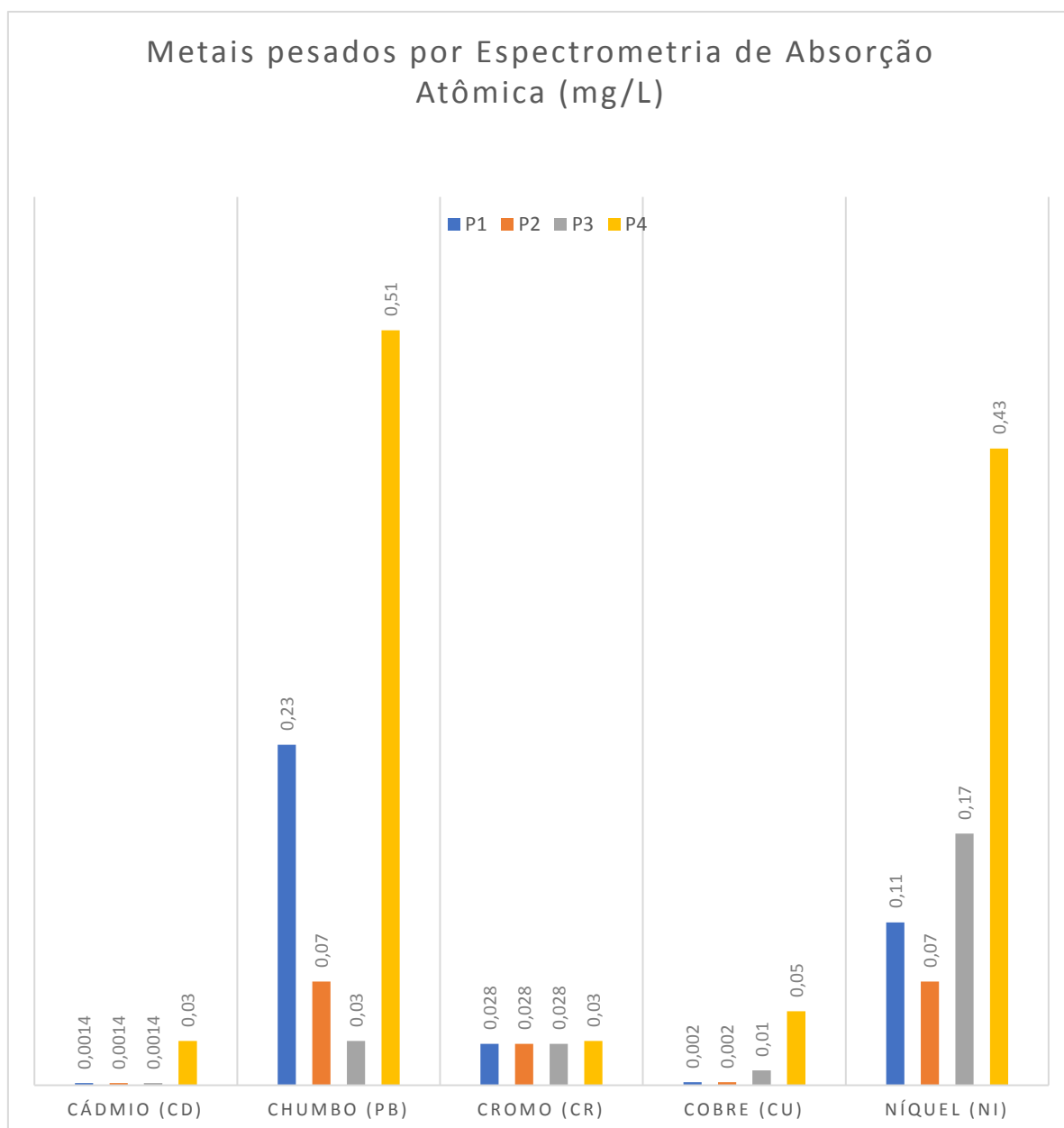


Figura 17 – Valores de metais pesados obtidos nas amostras de água coletadas no Rio Sergipe, pelo método de absorção atômica (AAS) (Fonte: Autor).

### 8.3. Resultados da Análise da Concentração dos Metais Pesados no Sedimento do Rio Sergipe

A análise da concentração de metais pesados no sedimento do Rio Sergipe resultou em valores dentro do limite permitido (Figura 18).

Segundo a CETESB (2012), as principais fontes de contaminação antropogênicas de cobre são a mineração, fundição e queima de carvão como fonte de energia. As emissões por uso como agente antiaderente em pinturas e na agricultura, excreção de animais e incineração de resíduos urbanos, lançamento de esgotos são menos relevantes. Entretanto, esta última é mais provável de ocorrer na área de estudo. O limite máximo de prevenção para o cobre no sedimento é de 60 mg/Kg, segundo a Resolução nº 420/2009 do CONAMA (Tabela 13). Portanto, todos os pontos de coleta deste trabalho enquadram-se nesse valor, não apresentando ameaça de contaminação para o parâmetro cobre.

O teor máximo permitido de zinco no sedimento é de 300 mg/Kg (Tabela 13), segundo a Resolução nº 420/2009 do CONAMA. O resultado obtido para este metal no sedimento coletado no Rio Sergipe está dentro do padrão para todos os pontos, não apresentando nenhuma restrição para uso ou qualquer risco de contaminação.

No entanto, o manganês não possui limite máximo permitido pela Resolução nº 420/2009 do CONAMA. O limite usado para este metal neste trabalho é o das concentrações dos padrões para sedimentos de corrente indicados pelo *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) (Tabela 13) (BUCHMAN,1999), que é de 1.100 mg/Kg. Este valor só marca o limite para o nível acima dos quais os impactos biológicos adversos são sempre esperados.

Tabela 13 – Valores permitidos para o cobre, o manganês e o zinco no sedimento. Fonte: Resolução nº 420/2009 do CONAMA e *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA).

Cobre	60 mg/Kg Cu
Manganês	1.100 mg/Kg Mn
Zinco	300 mg/Kg Zn

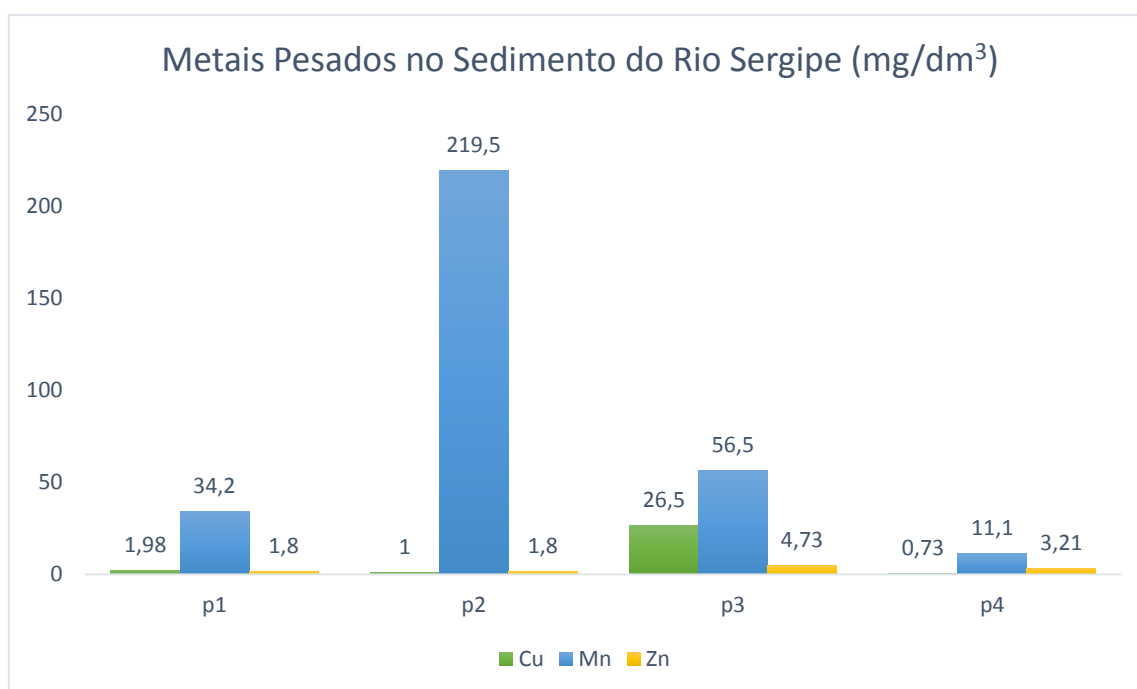


Figura 18 – Valores das concentrações dos metais pesados nas amostras de sedimento coletadas do Rio Sergipe (Fonte: Autor).

## 9. CONCLUSÃO

Os resultados da análise da concentração de metais pesados obtidos para a água do Rio Sergipe apresentaram teores elevados para todos os elementos analisados, em todos os pontos de coleta, indicando contaminação por cádmio, chumbo e níquel.

A análise da concentração de metais para a água do Rio Sergipe nos pontos de coleta P1 e P2 mostra valores de cádmio (Ca), chumbo (Pb) e níquel (Ni) acima do normal. O ponto de coleta P3 apresenta valores de cádmio (Cd), chumbo (Pb), cobre (Cu) e níquel acima do permitido e o ponto de coleta P4 apresenta valores muito elevados para cádmio (Ca), chumbo (Pb), cobre (Cu) e níquel (Ni), provavelmente, devido à influência da água do mar.

Os valores de pH e cor aparente estão dentro do padrão, enquanto a dureza e cloretos ultrapassam bastante o valor máximo permitido pela Resolução n° 357/2005 do CONAMA. Segundo o resultado da análise para os cloretos, a água é classificada como salobra nos pontos P3 e P4, provavelmente, por influência de esgotos domésticos e industriais, por estarem localizados na área urbana, principalmente no ponto P3. No ponto P4, a influência da água do mar também contribui para a formação de água salobra.

O limite dos parâmetros para água salobra sofre algumas modificações de acordo com a Resolução nº 357/2005 do CONAMA. O VMP do cádmio sobe de 0,001 mg/L para 0,005 mg/L, estando acima desse valor apenas o ponto P4. O VMP do cobre diminui de 0,009 mg/L para 0,005, permanecendo acima do permitido nos pontos P3 e P4 e os valores de chumbo, cromo e níquel possuem o mesmo limite utilizado para água doce.

Os resultados das análises de metais pesados no sedimento atestam que os valores de cobre, manganês e zinco se encontram dentro limite máximo permitido, segundo a Resolução nº 420/2009 do CONAMA, não apresentando risco de contaminação em nenhum dos pontos de coleta.

Assim, levando em consideração os resultados das análises, a contaminação do ponto P1 e P2 seria atribuída à influência de esgotos domésticos. A contaminação no ponto P3 seria devido à influência de esgotos domésticos e industriais. E no ponto P4, onde os valores são os mais altos, pode estar relacionado à influência da água do mar.

A interpretação dos resultados obtidos neste trabalho sugere, que as análises da água para medir a concentração dos metais devem ser repetidas regularmente, com o objetivo de manter o controle da qualidade da água do Rio Sergipe, que é utilizada para diversos fins pela população. Também é necessário aumentar a fiscalização de despejos de dejetos domésticos e industriais no rio, que são as principais causas de contaminação.

Vale ressaltar a importância de realizar análises microbiológica/bacteriológicas da água do Rio Sergipe, em conjunto com as análises realizadas neste trabalho, para atestar a qualidade da água do rio. Neste trabalho, tais análises não foram realizadas por falta de recipientes adequados disponíveis por parte do ITPS, para a coleta da água na data do trabalho de campo.

## 10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, J. P. H. Rio Sergipe: importância, vulnerabilidade e preservação. São Cristóvão: Editora UFS, 2006.

BEVILACQUA, J. E. Estudos sobre a caracterização e estabilidade de amostras de sedimento do Rio Tietê, SP. Instituto de Química, São Paulo. 1996.

BRASIL. Ministério da Saúde. Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano. Brasília, Ed. MS, 2006.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 274, de 29 de novembro de 2000 Publicada no DOU n. 18, de 25 de janeiro de 2001

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 357 de 17/03/2005. Diário Oficial da União, Brasília, DF, n. 53, 2005.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 454 de 01/11/2012.

BRASIL. Portaria nº 518, de 25 de março de 2004. Legislação para águas de consumo humano. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 26 de mar. 2004.

BUCHMAN M.F. NOAA screening quick reference tables, NOAA Hazmat Report 99-1. Coastal Protection and Restoration Division, Seattle. 1999

CAMPAGNOLI, F; MAZZILLI, B. P.; MOREIRA, S. R. D. Datação de sedimentos aplicada ao monitoramento ambiental de bacias hidrográficas: exemplo da bacia do Rio Grande - Billings, SP. XIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Livro de resumos - ABRH, 1999.

CETESB. Cádmio e seus compostos, 2012. Disponível em: <<https://www.cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wp-content/uploads/sites/24/2013/11/Cadmio.pdf>>. Acesso em: 10/09/2018

CETESB. Chumbo e seus compostos, 2012. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wp-content/uploads/sites/24/2013/11/Chumbo.pdf>>. Acesso em: 15/09/2018

CETESB. Cobre, 2012. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wp-content/uploads/sites/24/2013/11/Cobre.pdf>>. Acesso em: 28/08/2018

CETESB. Crômio e seus compostos, 2012. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wp-content/uploads/sites/24/2013/11/Cromio.pdf>>. Acesso em: 08/09/2018

CETESB. Manganês, 2012. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wp-content/uploads/sites/24/2013/11/Mangan%C3%AAs.pdf>>. Acesso em 15/09/2018

CETESB. Níquel e seus compostos, 2012. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wp-content/uploads/sites/24/2013/11/Niquel.pdf>>. Acesso em: 15/09/2018

CETESB (S.P.) Relatório da qualidade das águas interiores do estado de São Paulo 2006/CETESB.

CETESB. Zinco, 2012. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wp-content/uploads/sites/24/2013/11/Zinco.pdf>>. Acesso em: 15/09/2018

CONERH, Resolução N° 27 DE 04/11/2015.



FAVARO, D.I.T.; MOREIRA, S.R.D.; CAMPOS, V. A; MAZZILLI, B.; CAMPAGNOLI, F. – Determinação Multielementar por Ativação Neutrônica de Sedimentos do Reservatório Billings, Braço Rio Grande, São Paulo. 2001

LUCEMA. Química da água subterrânea. 2014

OMS. Organization Mundial de la Salud. Guias para la calidad del água potable. 2 ed.v.1. Genebra, 1999.

PEREIRA, R. Cr, Cd, Fe, Mn e Zn dos Sedimentos Superficiais do Rio Capivara, 2012. Disponível em: <  
<http://propi.ifto.edu.br/ocs/index.php/connepi/vii/paper/viewFile/543/1127>>. Acesso em: 13/07/2018

PIVELI, R.P. “Qualidade da Água”. Apostila do Curso de Especialização em Engenharia em Saúde Pública e Ambiental da Fac. Saúde Pública – USP, 1996.

SANTOS, R. A. Geologia e recursos minerais do estado de Sergipe: texto explicativo do mapa geológico do estado de Sergipe. Rio de Janeiro: CPRM; CODISE, 1998.

SEMARH. Projeto Águas de Sergipe, 2013.

SERGIPE, Proposta de uma metodologia de enquadramento para a bacia do Sergipe com a utilização dos dados de qualidade de água disponibilizados pela SEMARH-SE. 2014

SILVA, F.S. Desenvolvimento de uma base geoquímica regional para metais traço em sedimentos superficiais da Bacia Hidrográfica do Rio Sergipe, 2012.

SILVA, N. P. A Importância econômica do Rio Sergipe, 2014. Disponível em <https://pt.scribd.com/document/108463343/Bacia-Hidrografica-do-Rio-Sergipe>. Acesso em 18/10/2018.

SILVEIRA, A.M. Avaliação da qualidade da água da bacia hidrográfica do rio Sergipe usando análise multivariadas de dados, 2014.

TEIXEIRA, L. R. Mapa Geológico e de Recursos Minerais do Estado de Sergipe. Escala 1:250.000. Sergipe: MME/CPRM/CODISE, 2014.

VAZ & LIMA, Metais: gerenciamento da toxicidade. São Paulo, Editora Atheneu, 2003.

VON SPERLING, E. Afinal, Quanta Água Temos no Planeta? DESA/UFMG – Belo Horizonte. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos Volume 11 n.4 Out/Dez 2006. Disponível em [http://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/fitossanidadeengenhariaruralesolos715/pdf\\_391\\_-\\_rbrh\\_v.11\\_n.4\\_2006\\_afinal\\_quanta\\_agua\\_temos1.pdf](http://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/fitossanidadeengenhariaruralesolos715/pdf_391_-_rbrh_v.11_n.4_2006_afinal_quanta_agua_temos1.pdf)

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 2. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005.